

INFORME FINAL

Análisis de microrrestos botánicos

Proyecto Mina de cobre Panamá

Veronica Lalinde Aguilar

Antropóloga egresada Universidad de Antioquia

Estudiante de doctorado UNICEN

verolali@gmail.com

veronica.lalinde@udea.edu.co

Contenido

Introducción	4
Protocolo	5
Sedimento	5
Artefactos de molienda/ modificados por uso y fragmentos cerámicos	6
Descripción de los taxones identificados	8
Fitolitos	8
Poaceae	8
Arecaceae	11
Cyperaceae	11
Marantaceae	12
<i>Calathea</i> ssp.	13
<i>Canna</i> cf. <i>Indica</i>	13
<i>Heliconia</i> ssp.	15
Cucurbitaceae	16
Arbóreo general	17
Rubiaceae	17
Loranthaceae	18
Granos de almidón	19
<i>Zea mays</i>	19
<i>Capsicum</i> ssp.	20
<i>Dioscorea</i> ssp.	20
<i>Maranta</i> ssp.	21
<i>Bromus</i> ssp.	21
Cucurbitaceae	22
Cyperaceae	22
Arecaceae	23
<i>Phaseolus</i> ssp.	24
Almidón transitorio	24
<i>Calathea</i> ssp.	24
<i>Solanum</i> ssp.	25
No identificados	26
Otros microrrestos	26

Resultados	27
Sitio I6-4	27
Fitolitos.....	27
Granos de almidón	36
Otros microrrestos	46
Sitio J9-1,	49
Fitolitos.....	49
Granos de almidón	51
Otros microrrestos	53
Sitio J9-2	54
Fitolitos.....	54
Granos de almidón	55
Otros microrrestos	56
Sitio K10-1	56
Fitolitos.....	56
Granos de almidón	59
Otros microrrestos	63
Interpretación	65
Bibliografía	72

Introducción

En este informe se presenta el resultado de los análisis realizados en 22 muestras procedentes del proyecto. Estos análisis incluyen análisis de almidones en 12 muestras tomadas en fragmentos cerámicos, 9 tomadas en artefactos líticos y análisis de fitolitos 1 muestra de sedimento.

En general se observan diferencias en la diversidad de taxones recuperados para los diferentes sitios/periodos

MUESTRA	SITIO	MATERIAL ASOCIADO	DATACIÓN ASOCIADA
FA1	I6-4	Cerámica	420 - 565 cal AD (1530 - 1385 cal BP) 608 - 688 cal AD (1342 - 1262 cal BP) 648 - 718 cal AD (1302 - 1232 cal BP)
FA2	I6-4	Cerámica	
FA3	I6-4	Cerámica	
FA4	I6-4	Cerámica	
FA5	I6-4	Cerámica	
FA6	I6-4	Cerámica	
FA7	I6-4	Muestra de suelo	
FA8	I6-4	Cerámica	
FA9	I6-4	Cerámica	
FA10	I6-4	Lítico (hacha)	
FA11	I6-4	Lítico (hacha)	
FA12	I6-4	Lítico (hacha)	
FA13	I6-4	Lítico (laja de piedra)	
FA14	J9-1	Cerámica	1416 - 1490 cal AD (534 - 460 cal BP) 1812 - 1919 cal AD (138 - 31 cal BP) 989 - 1052 cal AD (961 - 898 cal BP)
FA15	J9-1	Cerámica	
FA16	J9-1	Cerámica	
FA17	J9-2	Lítico	3 - 138 cal AD (1947 - 1812 cal BP) 174 - 19 cal BC (2123 - 1968 cal BP) 328 - 204 cal BC (2277 - 2153 cal BP) 213 - 88 cal BC (2162 - 2037 cal BP)
FA18	K10-1	Cerámica	
FA20	K10-1	Lítico	
FA21	K10-1	Lítico	
FA22	K10-1	Lítico	
FA23	K10-1	Lítico (hacha)	1260 - 1310 cal AD (690 - 640 cal BP) 1295 - 1404 cal AD (655 - 546 cal BP) 1286 - 1398 cal AD (664 - 552 cal BP) 1295 - 1404 cal AD (655 - 546 cal BP) 1347 - 1393 cal AD (603 - 557 cal BP) 1276 - 1322 cal AD (674 - 628 cal BP) 1340 - 1396 cal AD (610 - 554 cal BP)

Tabla 1. Muestras analizadas.

El informe incluye:

- Protocolos
- Descripción de los taxones identificados
- Resultados
- Interpretación.

Protocolo

El protocolo empleado para la extracción de microrrestos de sedimentos fue adaptado de Coil *et al.* (2003) Zucol y Osterrieth (2002) y Dickau (2005).

Sedimento

1. Cernido del sedimento: La muestra fue cernida con malla de 1mm para eliminar clastos grandes que puedan entorpecer su procesamiento.
2. Desagregación y defloculación: tras extraer 5 gramos de la alícuota de sedimento, en un vaso de precipitado de 900 ml se agrega a la muestra una solución de Bicarbonato de sodio al 10%, con el fin de aumentar la carga iónica del agua y facilitar la separación de partículas pequeñas como la arcilla de los microrrestos. Se agita durante 12 horas, tras lo cual se deja reposar durante una hora y se decanta. Después de esto se agrega una solución de agua desmineralizada con detergente de laboratorio no iónico al 5%, hasta completar 800 ml. Se agita suavemente en el agitador magnético entre 12 y 24 horas, y se repite el decantado las veces necesarias, dependiendo de la cantidad de arcilla contenida en el sedimento.
3. Con el fin de eliminar la materia orgánica se agregó Peróxido de Hidrógeno (20 volúmenes) al 20% por 24, hasta que la solución dejó de producir espuma (Andreoni *et al.* 2012)
4. Lavado del sedimento: la muestra se deja reposar por 32 minutos, tras la cual se decanta la mayor cantidad de líquido posible, con el fin de eliminar las partículas de menos de 7.8 micras. Se vuelve a agregar agua desmineralizada hasta los 600ml y se repite este paso tantas veces como sea necesario hasta eliminar el detergente.
5. Secado de la muestra: obtenidas las diferentes fracciones se procede a filtrarlas con papel de filtro libre de cenizas y se secan bajo lámpara en cajas de Petri. Una vez secas las muestras, se colocan en tubos eppendorf para su almacenamiento.
6. Montaje de placas: 0.5 mg de sedimento seco se depositan en un tubo eppendorf y se mezclan con 1 ml de Entellan. Con ayuda de una nueva pipeta se dibujó en el portaobjetos un rectángulo de dimensiones similares al cubreobjetos utilizado, se cubrió con el mismo y se dejó secar por 1 día. De esta forma cada placa conserva la movilidad de los fitolitos y almidones por cerca de 3 días.
7. Descripción e identificación de fitolitos: según la cantidad de sedimento resultante del procesamiento de las muestras, se realizaron conteos totales o de un máximo de 5 placas. Para la descripción de los fitolitos se utilizaron los criterios descriptivos del ICPN (Madella *et al.* 2005), en varios casos se conservó el nombre en latín o inglés utilizado con más

frecuencia en la bibliografía citada. La identificación se llevó a cabo gracias a material de referencia propio y material bibliográfico de comparación.

Artefactos de molienda/ modificados por uso y fragmentos cerámicos

1. Extracción de la muestra: Las muestras fueron extraídas por el personal del equipo de arqueología de la minera, siguiendo las recomendaciones de la especialista que incluyen una limpieza superficial en seco de los artefactos para eliminar los sedimentos externos que reflejan mejor el contexto que el uso del artefacto, para esto se recomienda el uso de un cepillo de dientes previamente esterilizado mediante hervor por 10 min. en una solución de agua y ácido acético al 10%. El método de extracción recomendado fue el método de extracción en seco, en cual se remueve el sedimento de la superficie de los artefactos con ayuda de un explorador metálico (Aceituno y Lalinde 2011, Messner y Schindler 2010, Piperno 2006, Piperno y Holst 1998), poniendo especial atención a poros y fisuras en los mismos.
2. Limpieza y secado de las muestras: se repiten los pasos 2, 4, 5 y 6 del protocolo para limpieza de muestras de suelo.
3. Montaje de placas: 0.5 mg de sedimento seco se depositan en un tubo eppendorf y se mezclan con 1 ml de Entellan. Con ayuda de una nueva pipeta se dibujó en el portaobjetos un rectángulo de dimensiones similares al cubreobjetos utilizado, se cubrió con el mismo y se dejó secar por 1 día. De esta forma cada placa conserva la movilidad de los fitolitos y almidones por cerca de 3 días.
4. Descripción e identificación de fitolitos y almidones: según la cantidad de sedimento resultante del procesamiento de las muestras, se realizaron conteos totales o de un máximo de 5 placas. Para la descripción de los fitolitos se utilizaron los criterios descriptivos del ICPN (Madella *et al.* 2005), en varios casos se conservó el nombre en latín o inglés utilizado con más frecuencia en la bibliografía citada. La identificación se llevó a cabo gracias a material de referencia propio y material bibliográfico de comparación. Para los granos de almidón se describieron los granos de acuerdo con la nomenclatura establecida en el ICSN (2011). Los granos se dividen en los siguientes tamaños, a menos que se especifique un rango diferente para el tipo o para el taxón. Se consideran granos pequeños todos aquellos $<10\mu$. Los granos medianos comprenden los granos entre 10 y 20μ , finalmente los granos grandes superan

las 20 μ . Para la descripción de las alteraciones presentes en los granos se siguió a Babot (2009).

Los tipos de daño observados pueden adscribirse a diversas actividades, por ejemplo, daños en la superficie, grietas y fisuras en los bordes de los granos, separación de los granos múltiples, fracturas, pérdida de birrefringencia, alteraciones de la cruz de malta y sectores oscurecidos, así como pérdida del contenido de los granos, son indicadores de molienda. Después de cocción en húmedo se observan granos “hinchados”. Cuando la cocción se realiza en temperaturas menores a 70°C la expansión del grano es lenta y este puede conservar su forma. Sin embargo, en temperaturas superiores la expansión es aleatoria, distorsionando el grano y puede llegar incluso a su desintegración. Otro indicador de la presencia de agua en el procesamiento son las espículas de espongiarios y algas microscópicas. Por el contrario, si los granos han pasado por un proceso de deshidratación se observa una reducción en el relieve, grietas en la periferia del hilum o este se encuentra muy abierto. Otro tipo de daño puede deberse a la acción de enzimas sobre el grano y se evidencia por perforaciones en la superficie de este. Por último, los granos gelatinizados son aquellos congregados de granos que han perdidos su atributos ópticos y morfológicos. Para la identificación, al igual que con los fitolitos se utilizó material de referencia propio, perteneciente a la colección de referencia de la Universidad de Antioquia y material bibliográfico de referencia.

Descripción de los taxones identificados

En esta sección, se presentan las UBM identificadas organizadas en los siguientes grupos: indicadores de ambientes boscosos, de ambientes abiertos y de ambientes húmedos, UBM con uso económico y no diagnósticos o no identificados. Para cada UBM se describen los diferentes morfotipos utilizados para su identificación y se presenta información básica sobre sus requerimientos ecológicos, distribución y uso potencial.

Fitolitos

Los fitolitos son concreciones silíceas o calcáreas no cristalinas que se forman en los espacios intra e intercelulares de las plantas (Denham *et al.* 2009), los dos factores determinantes en la forma de un fitolito son la clase de célula que acumula sílice y su ubicación en el cuerpo de la planta, aunque algunas plantas producen fitolitos diagnósticos por acumulación de sílice en espacios intercelulares especializados, como es el caso de las cucurbitáceas (Piperno 2006: 24). Su función es proporcionar soporte estructural, defender la planta de los herbívoros y los ataques por hongos, auxiliar en funciones relacionadas con la fotosíntesis, aliviar el estrés hídrico y por minerales pesados y ayudar al crecimiento de las plantas (Leonard *et al.* 2015, Dabney *et al.* 2016, Borrelli *et al.* 2011). Su cualidad de defensa física hace que se encuentren principalmente en partes de la planta que no son consumidas por los humanos.

Una de sus mayores ventajas como proxy en estudios arqueológicos es que suelen preservarse bien en ambientes húmedos y donde otras evidencias, como polen y macrorrestos, han desaparecido (Denham *et al.* 2009, Piperno y Stothert 2003), sin embargo, aunque algunas plantas pueden producir varios morfotipos, mientras otras no producen ninguno (Denham *et al.* 2009), por lo tanto, es ideal combinar su estudio con el de otros proxies.

Poaceae (pastos y gramíneas)

Existen aproximadamente 10.000 especies y 700 géneros de gramíneas, estas plantas se encuentran prácticamente en todos los ambientes terrestres, cubriendo aproximadamente una quinta parte de la superficie de la tierra (Barker *et al.* 1995, 374). Tienen una amplia importancia económica ya que además de los bambús y una amplia variedad de hierbas y cereales menores, incluyen 3 los cultivos más extendidos a nivel mundial: el maíz (*Zea mays*), el trigo (*Triticum* spp. L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) (Zeigler 2019, XIX). Las gramíneas predominan en hábitats abiertos y son invasivas en los campos agrícolas, sin embargo, algunas especies como el bambú crecen en hábitats boscosos.

Actualmente en el área de estudio se pueden encontrar diferentes especies de gramíneas, pertenecientes a cuatro subfamilias: Bambusoideae, Panicoideae, Pharoideae y Centothecoideae. Por medio de fitolitos se identificaron dos de ellas (Bambusoideae y Panicoideae), así como fitolitos adjudicados a Chloridoideae y celular largas identificables solo a nivel de familia. Fueron clasificados siguiendo la propuesta de Piperno (2006: 27-32).

Bambusoideae

Fueron identificadas mediante los morfotipos: sillas de montar colapsadas o con plataforma alta, cuerpos cruzados de plataforma alta, rondelos carinados, conos truncados y bilobulados con proyecciones (Figura 1). En el área de estudio se encuentran *Arberella lancifolia* Soderstr. & C.E. Calderón, *Cryptochloa concinna* (Hook. f.) Swallen, *C. dressleri* Soderstr., *Olyra caudata* Trin., *Pariana strigosa* Swallen (<http://legacy.tropicos.org/Name/42000357?projectid=46&langid=66>¹).

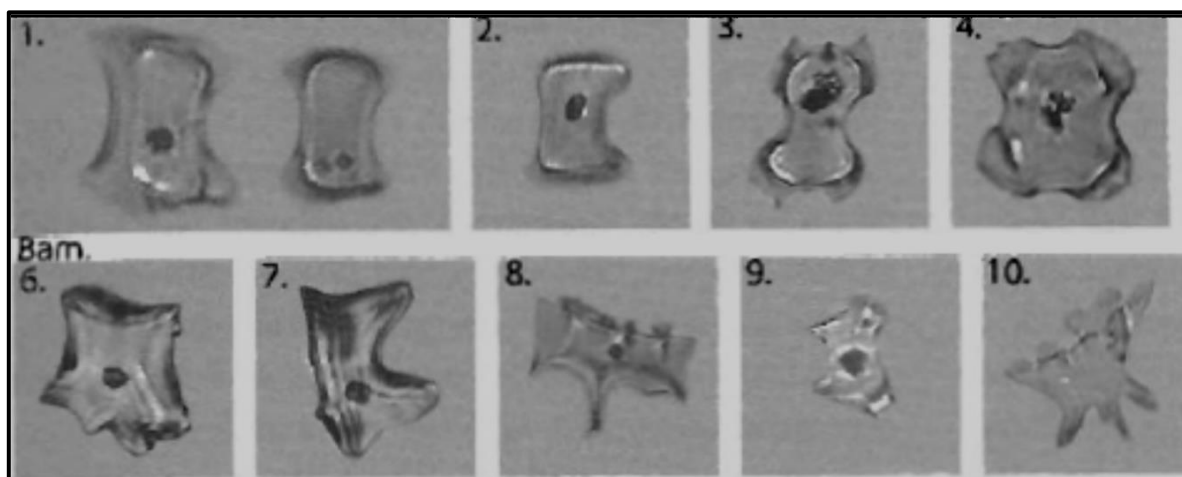


Figura 1. imágenes de referencia para Bambusoideae, tomadas de Piperno 2006, 31.

Panicoideae

Los morfotipos diagnósticos para esta familia son bilobulados o cuerpos cruzados Piperno (2006: 31) (Figura 2). En el área de estudio se encuentran actualmente *Arundinella berteroniana* (Schult.) Hitchc. & Chase, *Ichnanthus pallens* (Sw.) Munro ex Benth., *Ischaemum timorense* Kunth. (<http://legacy.tropicos.org/Name/42000357?projectid=46&langid=66>).

¹ A partir de este momento las referencias a la vegetación actual del área de impacto o el área de estudio proceden de este inventario.

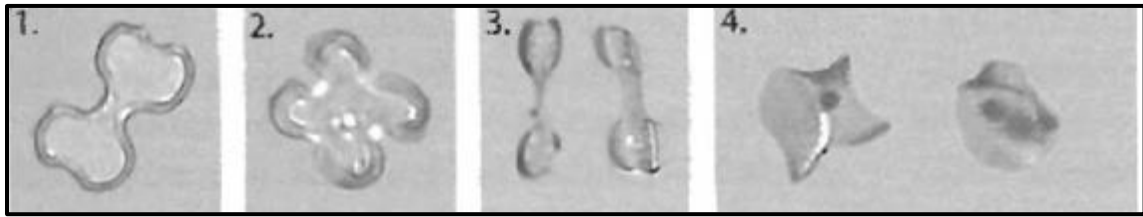


Figura 2. Imágenes de referencia para Panicoidea, tomadas de Piperno 2006, 31

Chloridoideae

Esta familia no está representada actualmente en el área de estudio, sin embargo, fue identificada mediante la presencia del morfotipo silla de montar sin crestas, característica que la diferencia de las sillas de montar características de Bambusoideae (Piperno 2006:29).

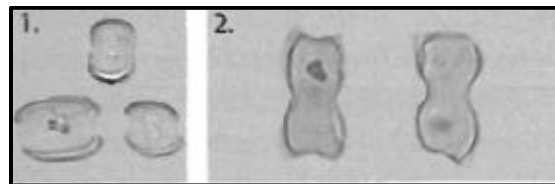


Figura 3. Imágenes de referencia para Chloridoideae, tomadas de Piperno 2006, 31.

Células largas

Este tipo de células están presentes en todas las subfamilias de poaceas y poseen una gran variabilidad morfológica, sin embargo, su nivel diagnostico solo llega a familia (Piperno 2006: 27-32) (Figura 4).

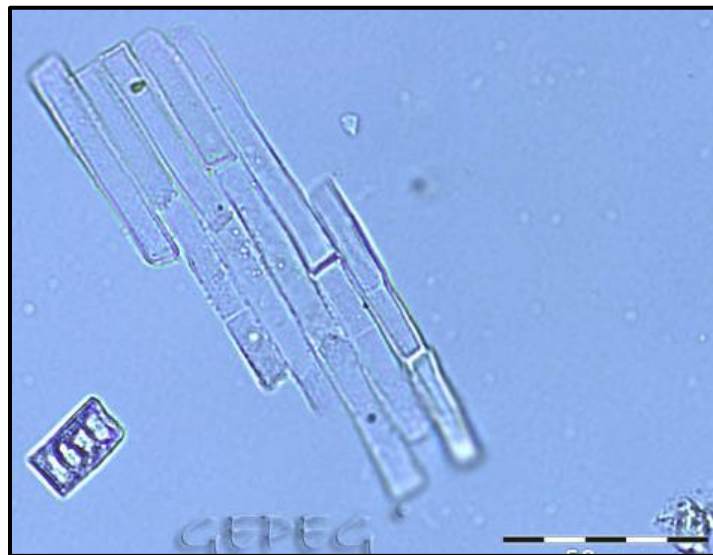


Figura 4. Imagen de referencia tomada de Albert et al. 2021.

Arecaceae (palmas)

Esta familia se identificó por medio del morfotipo globular echinate producido en todos los tejidos de la planta y de tamaño variable. Estos fitolitos se diferencian de otros morfotipos globulares decorados por sus espinas terminadas en punta o punta redondeada (Benvenuto *et al.* 2015).

La familia Arecaceae está compuesta por 5 subfamilias, 28 tribus y más de 2500 especies (Dransfield *et al.* 2008), de las cuales 13 géneros (Asterogyne, Bactris, Calyptrogyne, Chamaedorea, Chelyocarpus, Cryosophila, Geonoma, Iriarte, Pholidostachys, Socratea, Synechanthus, Welfia, Wettinia) pueden encontrarse actualmente en el área de influencia del proyecto. Las palmas son consideradas como uno de los taxones más útiles del bosque tropical, ya que prácticamente todas las partes de la planta pueden ser utilizadas de alguna manera; el follaje se utiliza para la cestería, elaboración de techos y esteras, sus fibras para la elaboración de cuerdas y textiles, las semillas de varias especies son comestibles o se procesan para extraer aceites, los cogollos tiernos pueden consumirse como alimento y su madera se utiliza en la construcción (Pearsall *et al.* 2017). Su importancia es tal que la presencia de *Astrocaryum vulgare*, *Acrocomia aculeata*, *Elaeis oleífera* y *Attalea speciosa* es indicador de yacimientos arqueológicos en la Amazonía, de la misma manera las plantas de *Bactris gasipaes* son indicios de ocupaciones humanas previas (Moraes *et al.* 2015). La información etnográfica disponible menciona su consumo en forma de “cocos” o en “vinos” elaborados con su salvia, así como el uso de sus hojas para la elaboración de instrumentos (Helms 1979, Colón 1982).

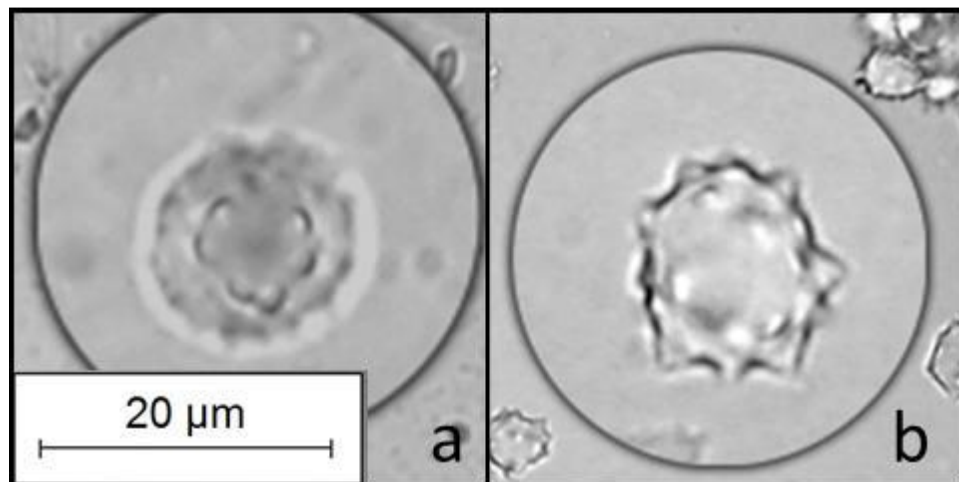


Figura 5. Fitolitos de *Bactris* sp. y *Cocos nucifera*. Imágenes de referencia tomadas de Pearsall *et al.* 2021

Cyperaceae (juncos)

Esta familia fue identificada gracias a la presencia del morfotipo “hat shape”, diagnostico a nivel de familia. Este morfotipo comprende conos de base circular, ovalada o cuadrilateral, bajos y que

pueden encontrarse aislados o articulados, proceden de las hojas y tallos (Yost *et al.* 2018, Piperno 2006, Albert *et al.* 2021) (Figura 6). Varias especies pertenecientes a esta familia son utilizadas a lo largo de Suramérica para la elaboración de cestería, el consumo de sus rizomas y en algunos casos con fines medicinales (Carbonó-Delahoz y Dib-Diazgranados 2018).

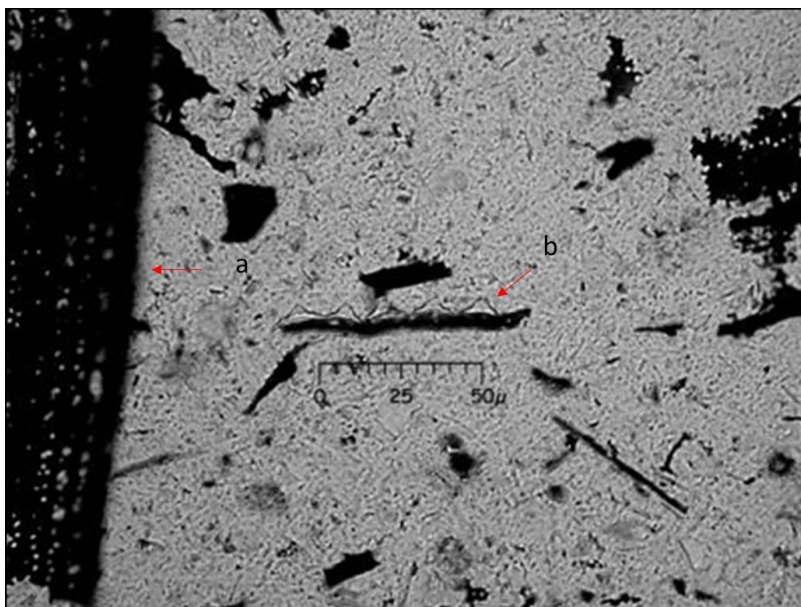


Figura 6. Imagen de referencia morfotipo "hat shape", tomada de Pearsall 2021.

Marantaceae (familia del arrurruz)

Fueron identificadas en las muestras solo por la presencia del morfotipo Globular nodulose grande ($>18\mu$), presentes en las inflorescencias de esta familia (Pearsall 2021) (Figura 7).

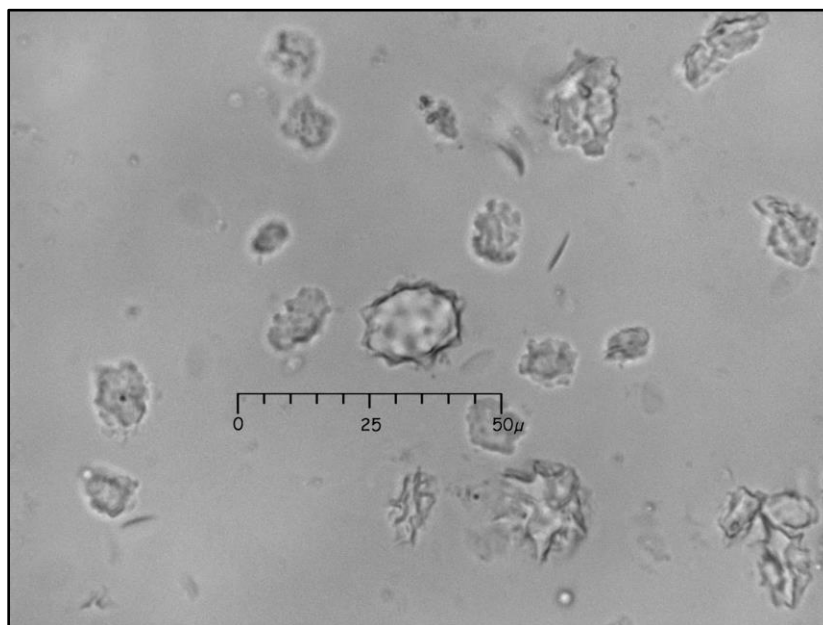


Figura 7. Imagen de referencia morfotipo *Calathea allouia*, tomada de Pearsall 2021.

Calathea ssp. (familia del Lerén)

Este género perteneciente a la familia Marantacea fue identificado gracias a la presencia del morfotipo globular verrucoso de hasta 50 μ de diámetro (Pearsall 2021) (Figura 8). Algunas especies han sido reportadas en las crónicas como alimentos de emergencia (*Calathea allouia*) (Cooke y Sánchez Herrera 2004). Actualmente en el área del proyecto se encuentran las siguientes especies: *Calathea confusa*, *C. dressleri*, *C. gordonii*, *C. killipii*, *C. lasiostachya* y *C. micans*.

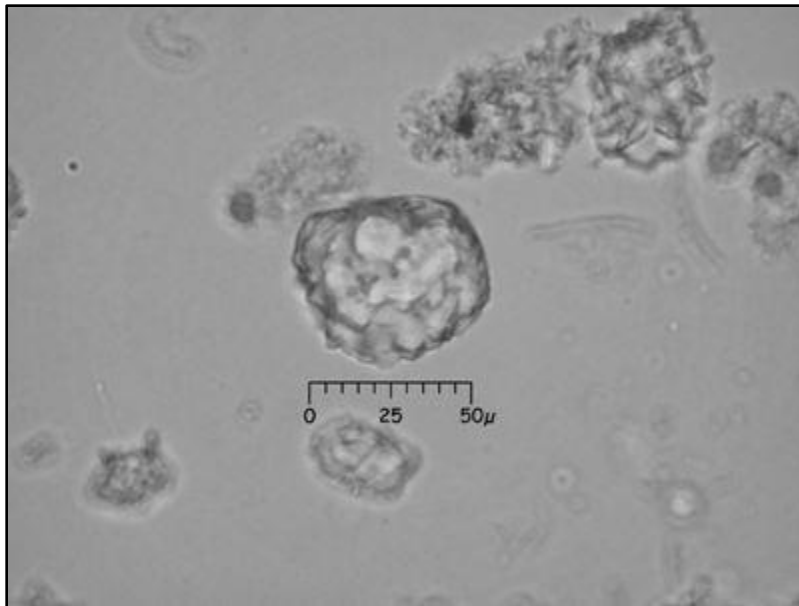


Figura 8. Imagen de referencia morfotipo *Calathea allouia*, tomada de Pearsall 2021.

Canna cf. *Indica* (Achira o sagú)

Se identificó mediante drusas, estructuras cristalinas, esferoides con irregularidades agudas, presentes en las hojas y tallos de esta planta (Albert *et al.* 2021) (Figura 9).



Figura 9. Imagen de referencia morfotipo *Canna indica*, tomada de Albert et al. 2021

Cannaceae/Chrysobalanaceae/bixa

Este taxón está representado por el morfotipo esférico/esferoide asimétrico con superficies lisas y facetas irregulares o angulares (Figura 10)(Pearsall et al. 2021).

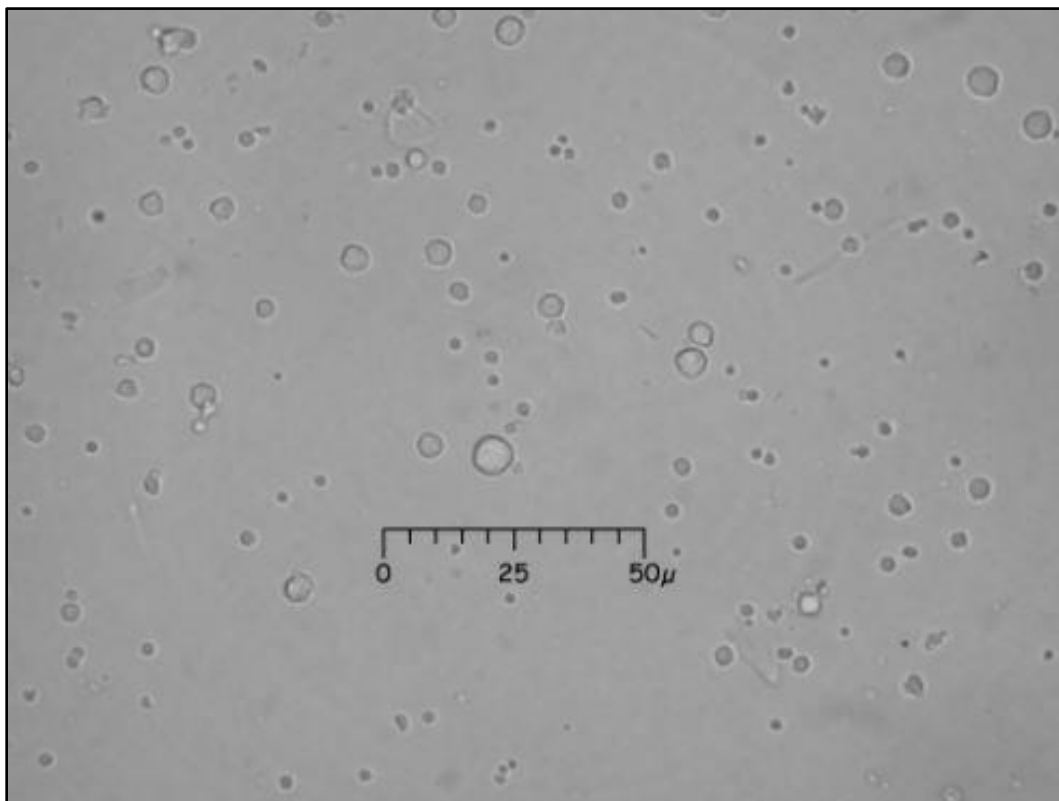


Figura 10. Imagen de referencia morfotipo *Licania platypus*, tomada de Pearsall 2021.

Heliconia ssp. (platanillos y aves del paraíso)

Esta UBM se identificó mediante la presencia del morfotipo cuerpo atravesado (Piperno 2006, 38) (Figura 11). Las especies presentes en el área de estudio son *Heliconia colgantea*, *H. irrasa*, *H. latispatha* y *H. vaginalis*. Las plantas de este género son conocidas por ser indicadores de ambientes alterados (Piperno *et al.* 1991), lo que las hace valiosas a la hora de realizar reconstrucciones ambientales en estudios arqueológicos.



Figura 11. Imagen de referencia morfotipo Bihai aff. Hirsuta, tomada de Albert et al. 2021.

Cucurbitaceae (zapallos y calabazas)

Esta familia comprende cerca de 118 géneros y 825 especies, varias de las cuales tienen una gran importancia económica y en algunos casos han sido domesticadas (Lira *et al.* 1998). Fue identificada en una de las muestras, por medio de fitolitos del morfotipo semiesférico favose (Figura 12) (Piperno 2006, 65). Los géneros presentes en el área del proyecto son Cionosicyos, Gurania, Melothria y Selysia.

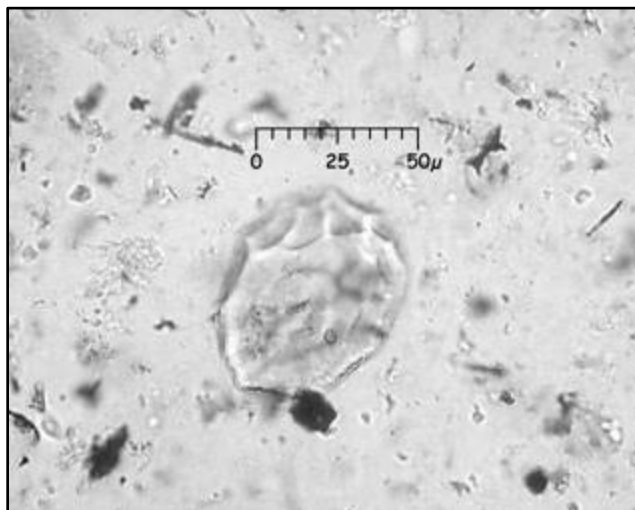


Figura 12. Imagen de referencia morfotipo Lagenaria siceraria, tomada de Pearsall 2021.

Arbóreo general

Este taxon no incluye una familia, género o especie, en su lugar reúne diversos morfotipos presentes en los tejidos de varias familias de dicotiledóneas leñosas. Entre ellos esclereidas, células que forman parte del esclerénquima y tienen paredes celulares gruesas y formas irregulares (Valla 2007, Piperno 2006: 40). Los otros morfotipos utilizados son: bloque, colmena, globular nodular pequeño, globular psilate pequeño, cistolitos, elementos traqueales, globular rugulose y células epiteliales no cuadrangulares (Albert *et al.* 2021, Pearsall *et al.* 2017, Piperno 2006).

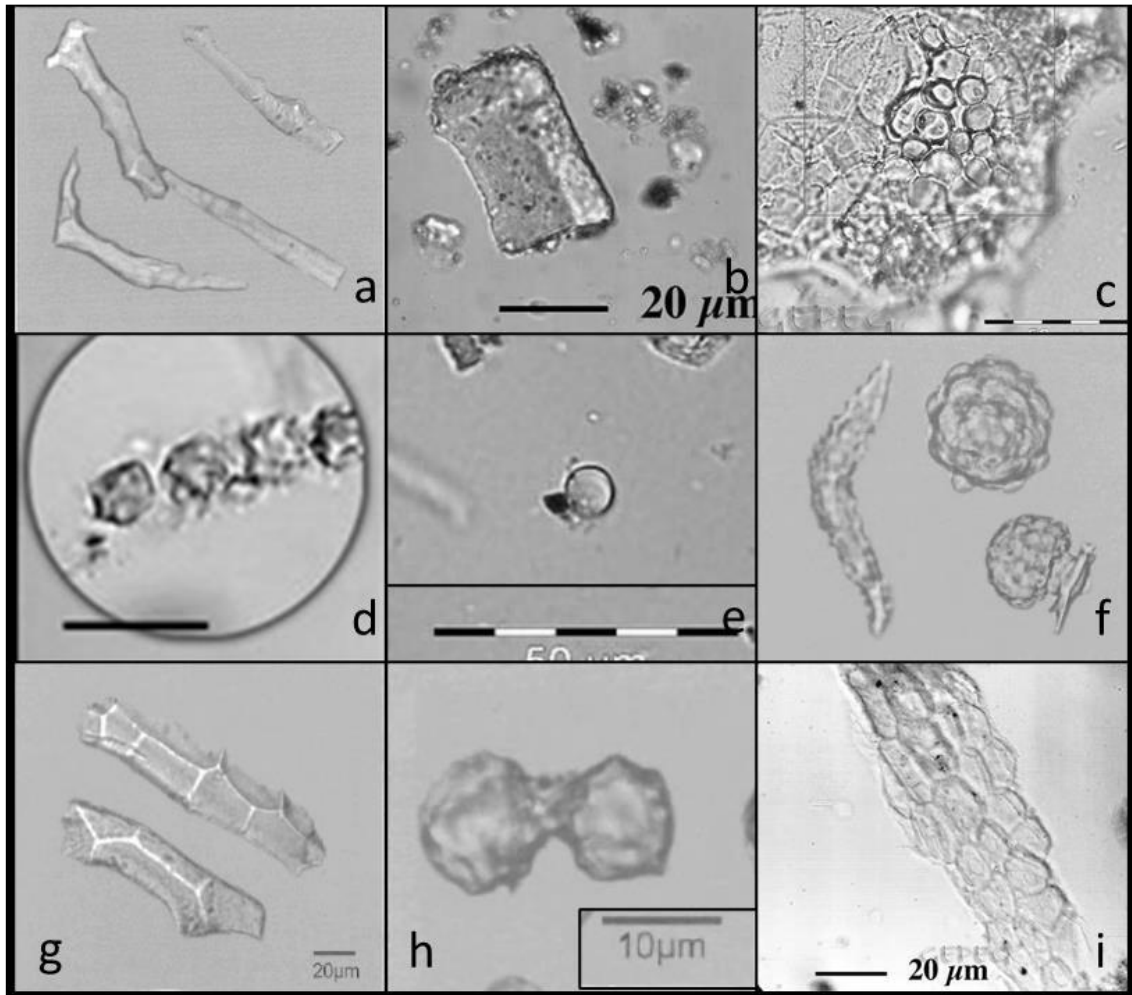


Figura 13. Morfotipos utilizados para identificar el componente arbóreo general: a. esclereidas, b. bloque, c. colmena, d. globular nodular pequeño, e. globular psilate pequeño, f. cistolitos, g. elementos traqueales, h. globular rugulose, i. células epiteliales no cuadrangulares. Imágenes de referencia tomadas de Piperno 2006 y Albert *et al.* 2021.

Rubiaceae (familia de la rubia, galio blanco y el café)

Esta familia incluye árboles, arbustos, menos frecuentemente lianas, enredaderas y hierbas, raramente epífitas o acuáticas. Su distribución es cosmopolita, predominantemente pantropical, y el género con más especies *Psychotria* (1500). Las plantas de esta familia con usos más conocidas

son el café (*Coffea* ssp.) y *Cinchona* ssp., planta de la que se extrae la quinina, otras especies son utilizadas como ornamentales, por sus propiedades para la elaboración de pigmentos (ej. *Rubia tinctoria*) o por sus frutos comestibles (Sistemática de plantas vasculares 2013). En el área de estudio pueden encontrarse actualmente los géneros Agouticarpa, Alibertia, Amaioua, Amphidasya, Arachnothryx, Bertiera, Chomelia, Coffea, Coussarea, Coutarea, Didymochlamys, Faramaea, Ferdinandusa, Gonzalagunia, Hamelia, Hoffmannia, Isertia, Ixora, Machaonia, Manettia, Mutis, Margaritopsis, Notopleura, Bremek, Palicourea, Pentagonia, Posoqueria, Psychotria, Randia, Raritebe, Ronabea, Rudgea, Rustia, Sabicea, Schradera, Spermacoce, y Warszewiczia.

El morfotipo diagnóstico gracias al que se identificó esta familia es el de tricomas múltiples en distribución estrellada (Lema *et al.* 2015).

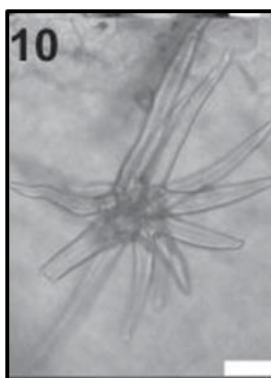


Figura 14. Imagen de referencia para Rubiaceae, *Psychotria cartagenensis*. Tomada de Lema *et al.* 2015. Escala 30 μ .

Loranthaceae (familia del sofoca palo)

Las Loranthaceas son las principales plantas hemiparasitas en la flora tropical, se trata principalmente de arbustos y algunas especies trepadoras, que se caracterizan por parasitar dicotiledóneas leñosas. Se distribuyen las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Sistemática de plantas vasculares 2013, Dueñas-Gómez y Franco-Roselli 2001). Prefieren lugares muy iluminados y húmedos, por lo que suelen encontrarse a orillas de caminos o ríos. Actualmente las hojas y flores se utilizan en medicina popular como emenagogo, abortivo, diurético, hipotensor y antipiléptico, en el tratamiento de heridas, fracturas y llagas, como antidiarreico y para purificar la sangre (Dueñas-Gómez y Franco-Roselli 2001). Se identificaron mediante el morfotipo “glass shard body” (Albert *et al.* 2021). Los géneros presentes en el área de estudio son Cladocolea, Oryctanthus, Peristethium, Phthirusa, Psittacanthus y Struthanthus.

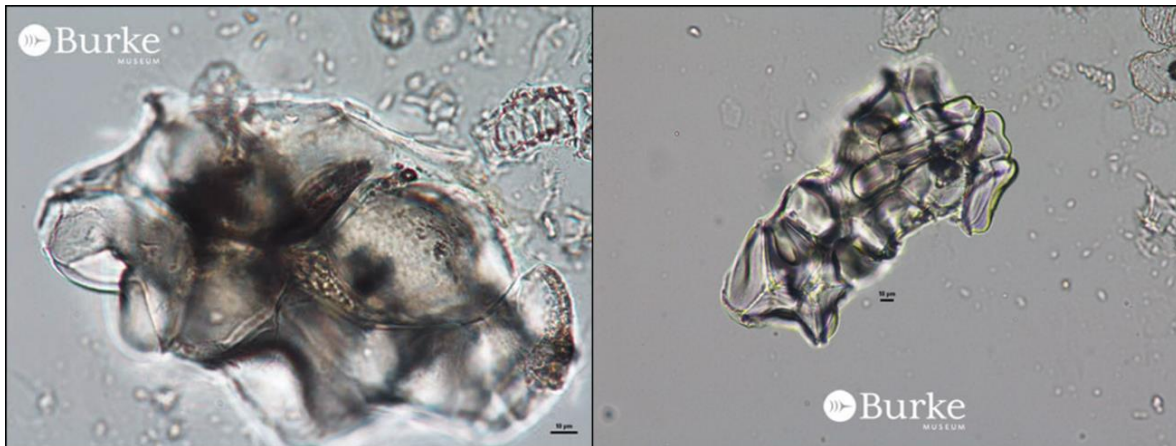


Figura 15. Imágenes de referencia tomadas de Albert et al. 2021.

Granos de almidón

Los granos de almidón son el principal mecanismo de acumulación de energía en las plantas, están compuestos por carbohidratos compuestos y se forman en los amiloplastos en el caso de los almidones de reserva y en los cloroplastos en el caso de los almidones de transición. Los almidones de reserva son los observados con mayor frecuencia ya que presentan características diagnosticas que permiten su identificación y se acumulan en tejidos de las plantas que suelen ser utilizados como alimento (semillas, tubérculos, rizomas, y raíces) (Loy 1994, Leonard *et al.* 2015, Hardy *et al.* 2009). Su formación parte de un punto central llamado hilum y continúa formando capas sucesivas de amilosa y amilopectina, lo que da a los granos una estructura semicristalina gracias a la cual es posible ver la cruz de malta bajo luz polarizada y en algunos casos una serie de anillos concéntricos conocidos como lamela (Messner y Dickau 2005). Aunque son susceptibles a ataques enzimáticos, pueden sobrevivir durante largos periodos de tiempo en ambientes estables como los poros y fisuras de los artefactos arqueológicos, tejidos vegetales o calculo dental (Hardy *et al.* 2009).

Zea mays (maíz)

Se caracteriza por granos poliédricos irregulares, que pueden llegar a medir hasta 27μ , aunque la media es de 12.7μ con una variación estándar de 5.6 (Medina y Salas 2008). Las medidas pueden variar cuando los granos han sido sometidos a cocción. Presentan entre 4 y 7 facetas de presión e hilum puntiforme o estrellado. La superficie es lisa y la cruz de malta definida, excepto en granos con alteraciones de algún tipo.

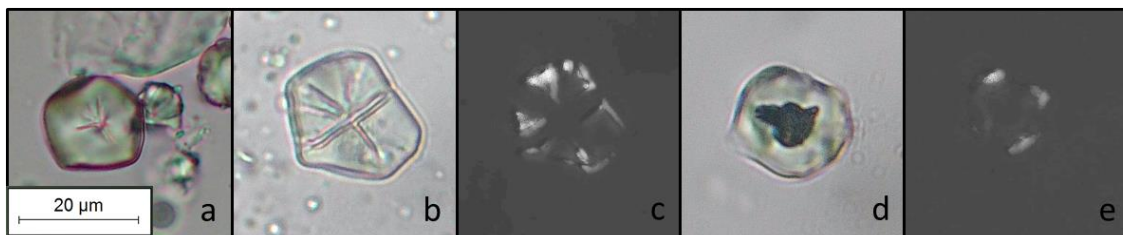


Figura 16. imágenes de referencia para *Zea mays*: a. Grano sin procesos de cocción, b-c. grano sometido a remojo y fermentación, d-e: grano sometido a tostado en seco. Nótese el mayor tamaño y la presencia de fisuras o cavidades oscuras en los granos procesados. Colección de referencia particular.

Capsicum ssp. (ajíes)

Este género produce granos grandes, con forma lenticular aplanada y una depresión central poco profunda, similares a glóbulos rojos. Vistos lateralmente son elipsoides con una línea marcada que los divide longitudinalmente (Perry *et al.* 2007).

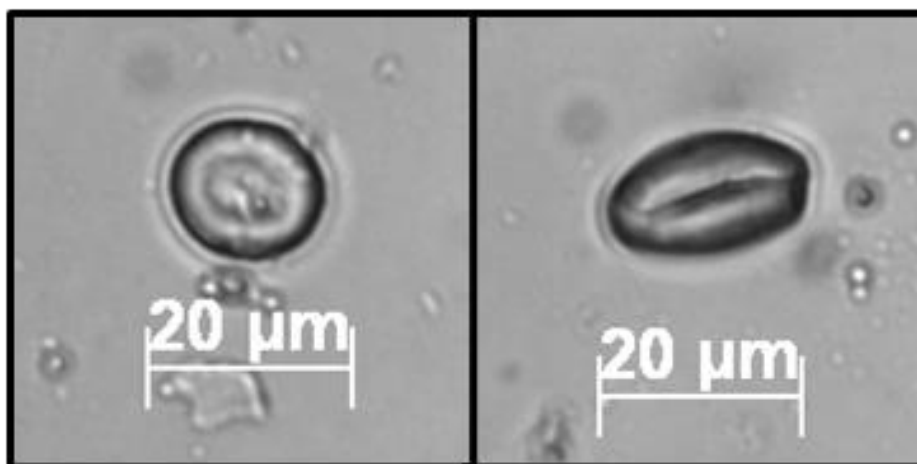


Figura 17. Granos de *Capsicum annum*, vista ventral y lateral. Colección de referencia Universidad de Antioquia.

Dioscorea ssp. (genero del ñame)

Este género está representado por granos grandes ($>20\mu$), triangulares, redondeados con una faceta de presión, con hilum puntiforme excéntrico, lamella ligeramente visible y cruz de malta clara.

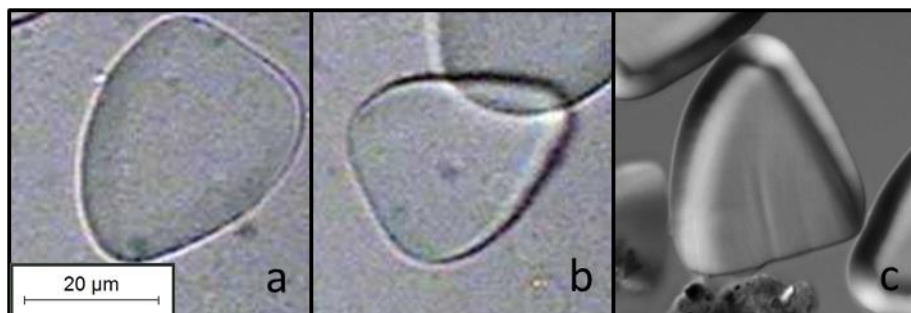


Figura 18. imágenes de referencia para Dioscorea: a-b: Dioscorea alata y Dioscorea bulbifera. Escala 20µ. Imágenes tomadas de la colección de referencia de la Universidad de Antioquia y Cagnato 2021.

Maranta ssp. (genero del sagú, la maranta y el arrurruz)

Este género se caracteriza por granos predominantemente grandes (>20µ), formas mayormente ovaladas, ovoides y triangulares hilum excéntrico o ligeramente excéntrico, que puede ser estrellado, lunar o en forma de cruz. La lamela es visible en muy pocos granos (Lalinde 2009:140).

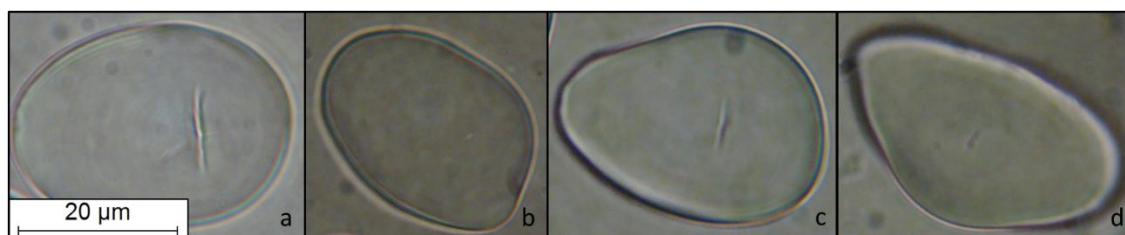


Figura 19. imágenes de referencia para Maranta ssp.: Maranta arundinacea. Escala 20µ. Imágenes tomadas de la colección de referencia de la Universidad de Antioquia.

Bromus ssp. (cebadilla)

Genero caracterizado por granos elipsoides-discoidales, sin lamela visible, cráteres de presión agrupados en la región central. Hilum céntrico, cerrado. En algunas ocasiones los granos se dividen, formando granos campaniformes/periformes y granos campaniformes con una o dos facetas de presión y menor tamaño. Tamaño bimodal, es decir presenta granos en dos rangos de tamaño; granos medianos con tamaño promedio de 13.2µ y granos muy pequeños no diagnósticos (Yang y Perry 2013).



Figura 20. Imagen de referencia *Bromus japonica*, tomada de Yang y Perry 2013. Escala 20 μ .

Cucurbitaceae (zapallos y calabazas)

Los almidones de esta familia presentan formas campaniformes y de $\frac{1}{4}$ de esfera, con dos facetas de presión, hilum céntrico, cerrado, puntiforme y un tamaño promedio de 15.7 μ , pero que puede ser menor en especies silvestres (Lalinde 2009: 50-59).

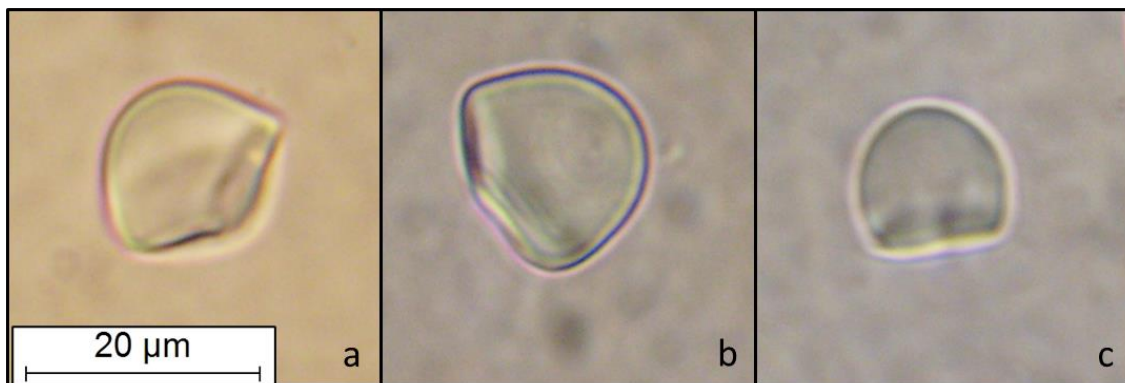


Figura 21. Imágenes de referencia para Cucurbitaceae: a. *Cucumis anguria*, b. *Cucurbita maxima*, c. *Sechium edule*. Escala 20 μ . Colección de Referencia Universidad de Antioquia.

Cyperaceae (juncos)

Esta familia presenta granos ovalados u ovoides, pequeños y muy pequeños (<10 μ), con hilum céntrico no visible y cruz de malata muy marcada.

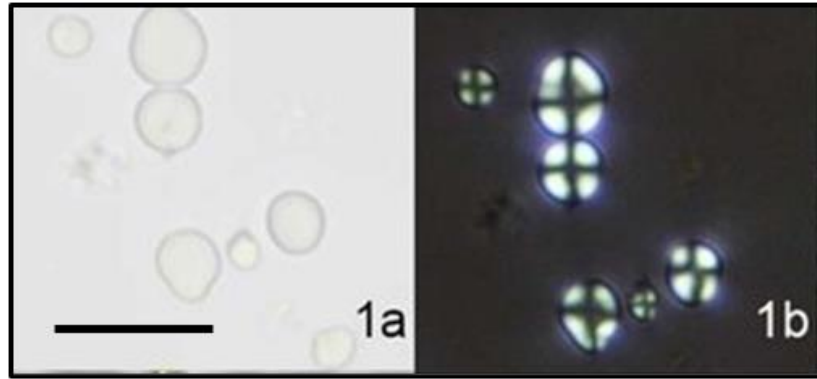


Figura 22. Imágenes de referencia para Cyperaceae, granos pertenecientes a *Cyperus esculentus*, imagen tomada de Hart 2014. Escala 20 μ .

Arecaceae (palmas)

Para esta familia se identificaron 2 morfotipos diagnósticos, estos pueden encontrarse simultáneamente en la misma planta:

Morfotipo 1

Granos elipsoides-ovoides truncados, grandes (>20 μ), con hilum excéntrico en el extremo redondeado, puntiforme y cerrado y lamella visible.

Morfotipo 2

Granos poliédricos, irregulares, pequeños a medianos (hasta 15 μ), con hilum céntrico, abierto y frecuentemente con fisuras en este. Sin Lamela y con una cruz de malta más o menos definida.

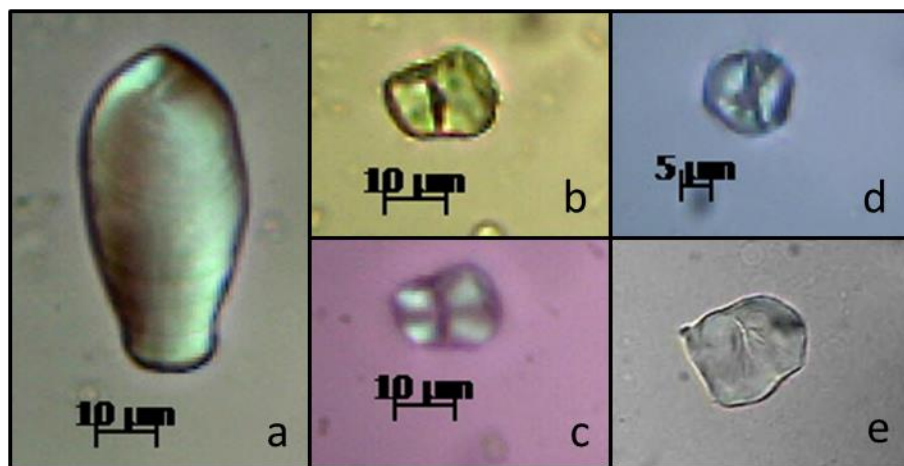


Figura 23. Imágenes de referencia para Arecaceae: a-c. *Acrocomia aculeatata*, d. *Aiphanes horrida*, e. *Euterpe precatoria*. Colección de referencia Universidad de Antioquia.

Phaseolus ssp. (frijol)

Esta familia se caracteriza por granos grandes, alargados, que incluyen los morfotipos elipsoide y reniforme. Presentan hilum alargado, abierto que sigue la forma del grano. Lamella visible en la mayoría de los granos. En las variedades silvestres el tamaño de los granos es menor.

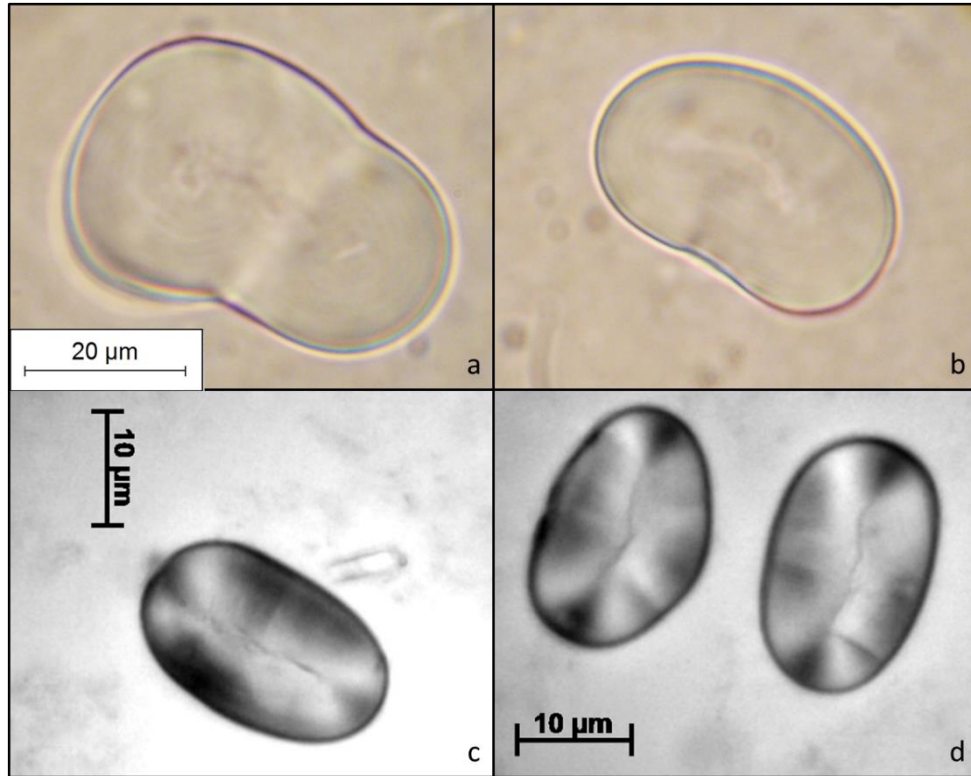


Figura 24. Imágenes de referencia para *Phaseolus* ssp.: a-b. *Phaseolus vulgaris*, escala 20µ, c-d. *Phaseolus lunatus*, escala 10µ. Colección de referencia Universidad de Antioquia.

Almidón transitorio

Estos almidones presentan generalmente formas esféricas o elipsoides sin otras características diagnosticas, son uno de los polisacáridos de almacenamiento más abundantes (Buleón *et al.*, 1998) siendo sintetizados durante el día mediante el proceso de fotosíntesis en contraste con el almidón que se encuentra en los órganos de que es sintetizado durante días o semanas. Relativamente se conoce poco acerca del proceso de acumulación-degradación del almidón transitorio y de su estructura (Santacruz 2005).

Calathea ssp. (genero del lerén)

Este género se caracteriza por granos medianos (entre 10 y 20µ), formas mayormente ovaladas, ovoides y triangulares hilum excéntrico o ligeramente excéntrico, que puede ser

estrellado, lunar o en forma de cruz y con frecuencia se observa en forma de abertura. La lamela es visible en muy pocos granos.

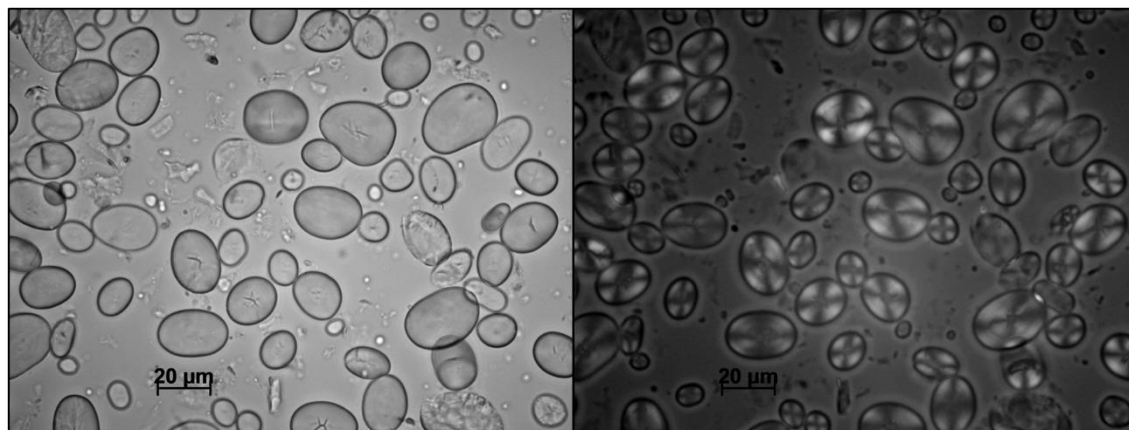


Figura 25. Imágenes de referencia para *Calathea* ssp.: *Calathea ornata*. Colección de referencia Universidad de Antioquia. Escala 20µ.

Solanum ssp. (genero de la papa común)

El material de referencia disponible pertenece a diferentes variedades de *Solanum tuberosum*, especie caracterizada por granos muy grandes (más de 20µ), ovoides, elipsoides y periformes, siendo los últimos los más característicos, aunque no los más abundantes. El hilum es excéntrico y cerrado, generalmente puntiforme y ubicado en el extremo más grueso del grano. Cruz de malta con curvatura distintiva. Si bien *Solanum tuberosum* no está entre las plantas reportadas en el área de estudio, varias especies del mismo género pueden encontrarse en esta: *Solanum arboreum*, *S. aturense*, *S. circinatum*, *S. hayesii*, *S. imberbe*, *S. rugosum*, *S. schlechtendalianum*. En las crónicas no se encuentran referencias directas, pero el consumo de tubérculos y raíces era común, como expresa Helms (1979, p.11): “sobre la diversidad de productos agrícolas, incluyendo mandioca dulce, batata y otras raíces, maíz, piña, mamey, cocos y cítricos”. La mención de otras raíces podría incluir, entre otras, la papa (*S. tuberosum*), u otras especies de este género con tubérculos o rizomas comestibles.

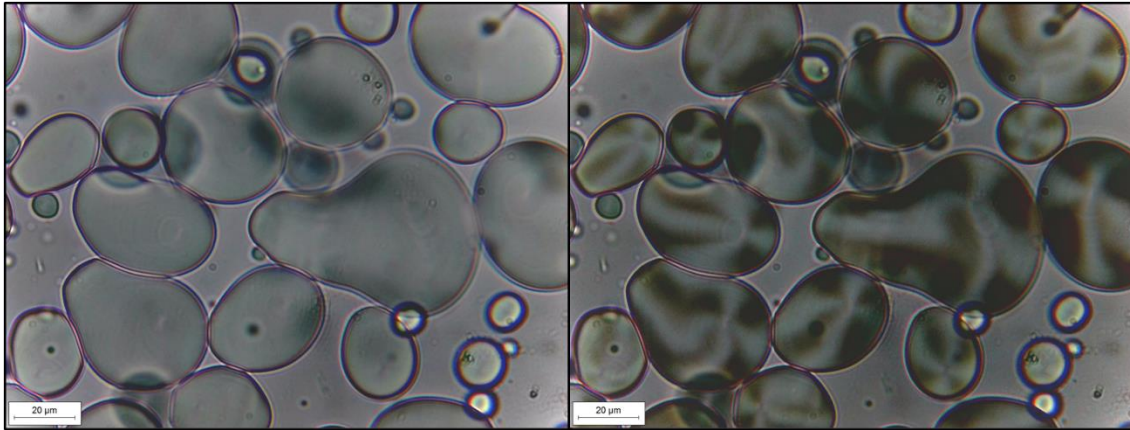


Figura 26. imágenes de referencia, *Solanum tuberosum*. Colección de referencia particular.

No identificados

En esta categoría se incluyen los granos sin características diagnosticas, aquellos demasiado alterados como para ser identificados y aquellos con características diagnosticas, pero que no encajan con ninguna de las plantas registradas en las colecciones de referencia disponibles.

Otros microrrestos

La presencia de otros microrrestos fue documentada ya que estos pueden utilizarse como proxies ambientales. En esta categoría se encuentran diatomeas, polen, esporas, espículas de espongiarios, zooclastos, concentricystes y quistes de crisofitas. Si bien, cada uno de estos microrrestos debería ser analizado tras un protocolo específico que permita obtener el máximo de información posible, su presencia en las muestras puede ser útil para determinar qué tipos de análisis pueden implementarse en el futuro.

Resultados

Sitio I6-4

Fitolitos

En las muestras pertenecientes a este sitio se recuperaron en total 555 fitolitos distribuidos de la siguiente manera:

Muestra	Poaceae				Arecaceae	Cyperaceae	Zingiberales					Cucurbitaceae	Asteraceae	arbóreo general	Loranthaceae	No diagnósticos y no identificados	Total
	Bambusoideae	Panicoideae	Chloridoideae	Células largas			Marantaceae	Canna cf. indica	Cannaceae	Heliconia ssp.	Calathea ssp.						
FA1	2	0	1	0	13	1	1	0	4	0	0	1	0	31	0	11	65
FA2	0	1	1	6	20	0	16	0	33	0	0	0	0	24	0	13	114
FA3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	7
FA4	0	1	1	0	9	0	6	1	0	0	1	2	0	9	0	18	48
FA5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FA6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	10	16
FA7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	4
FA8	1	0	0	0	130	0	0	0	42	1	4	0	0	16	0	34	228
FA9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
FA10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
FA11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FA12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FA13	1	0	0	0	31	1	7	0	10	0	0	3	2	0	1	14	70

Tabla 2. Taxones identificados mediante fitolitos en el sitio I6-4.

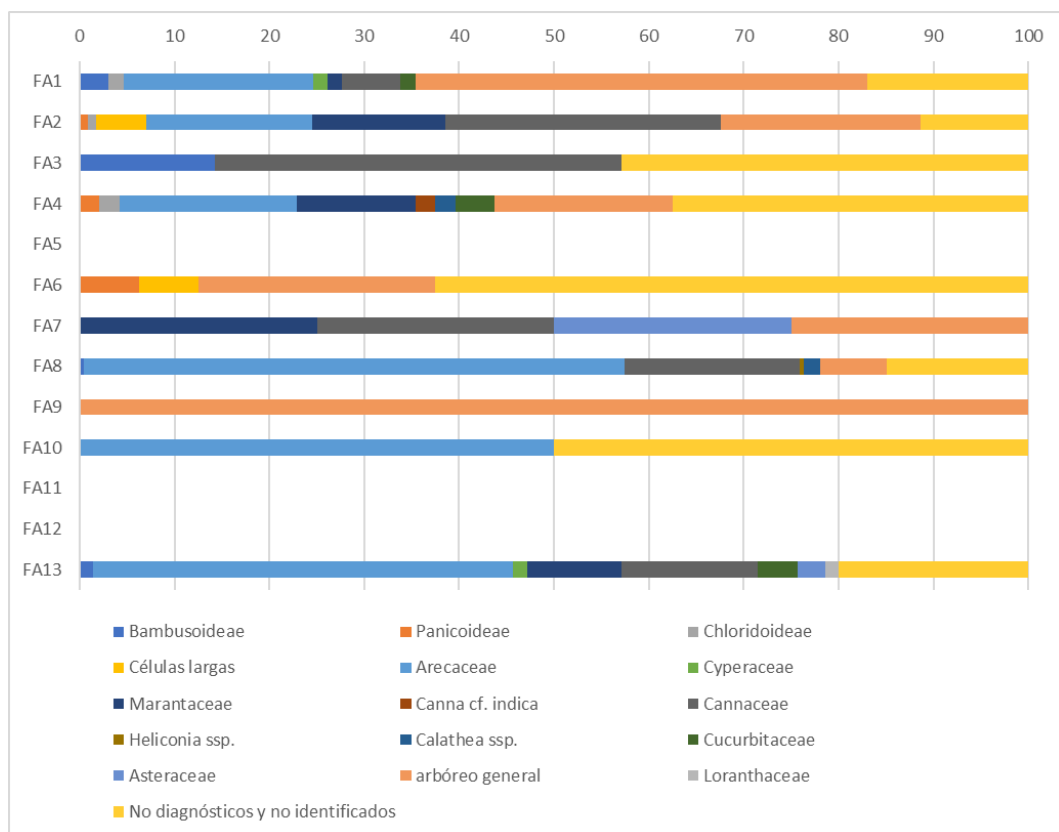


Figura 27. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante fitolitos en las muestras del sitio I6-4.

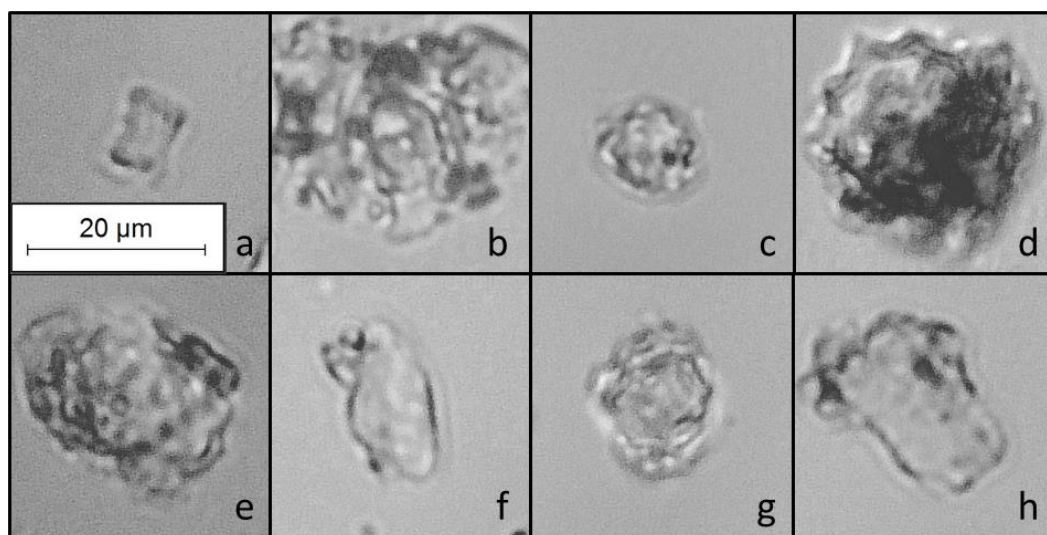


Figura 28. Taxones identificados en la muestra FA1: a. Bambusoideae, b. Chloridoideae, c-d. Arecaceae, e. Marantaceae, f. Cannaceae, g. Cucurbitaceae, h. Arbóreo general. Escala 20μ.

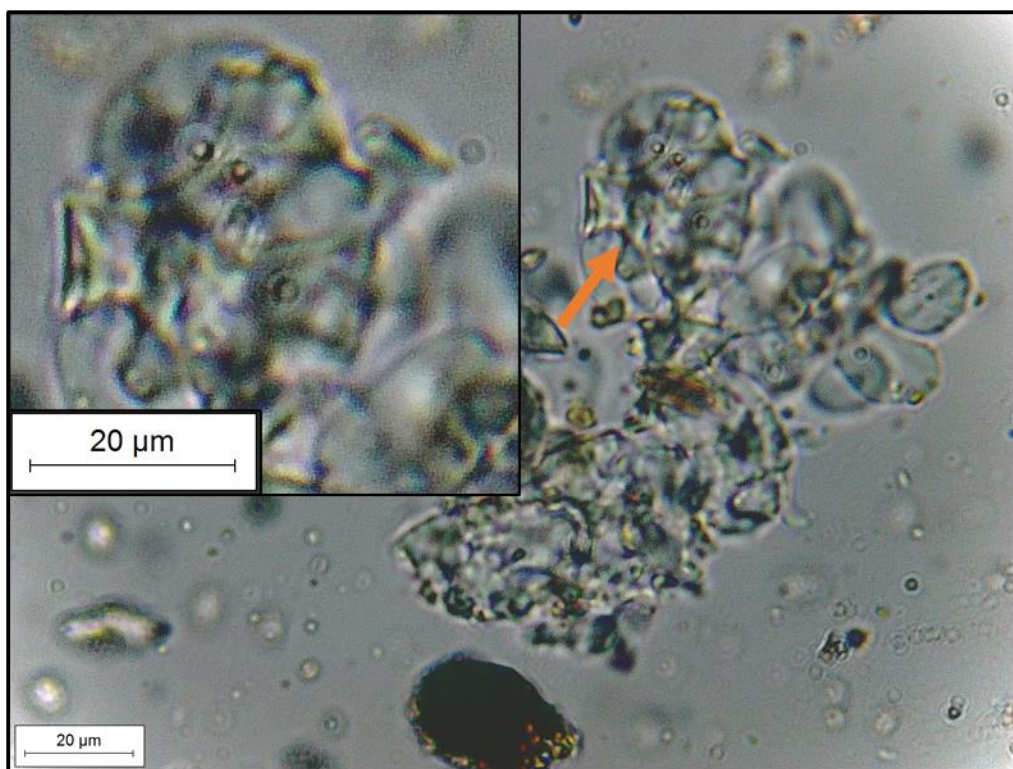


Figura 29. Fitolito afín a rizomas de Cyperaceae identificado junto a un conjunto de granos de almidón en la muestra FA1.

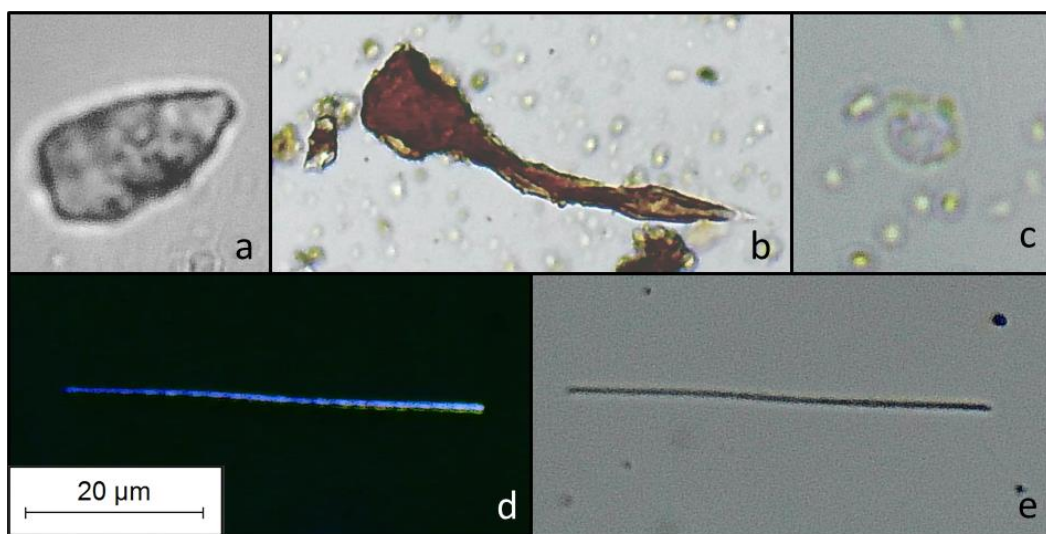


Figura 30. Morfotipos no diagnósticos y no identificado en la muestra FA1: a. acuminado, b. tricoma, c. discoidal, d-e. Calcifitolito-rafidio. Escala 20µ

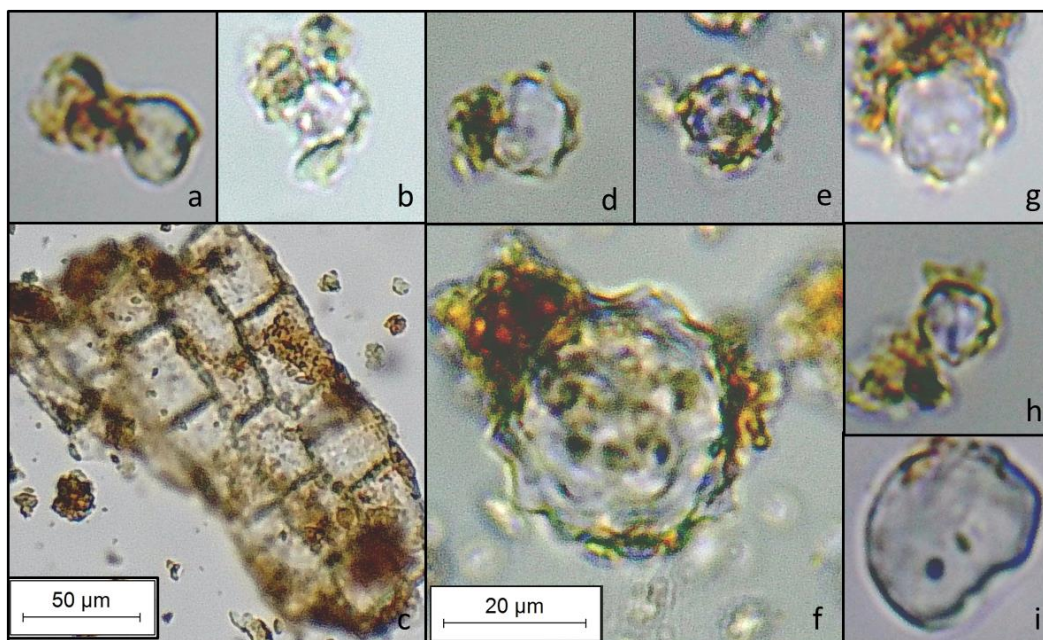


Figura 31. Taxones identificados en la muestra FA2: a. *Panicoideae*, *Chloridoideae*, c. arbóreo general, d-f: *Arecaceae*, g. *Marantaceae*, h. arbóreo general, i, *Cannaceae*. Escala 20μ a menos que se indique lo contrario.

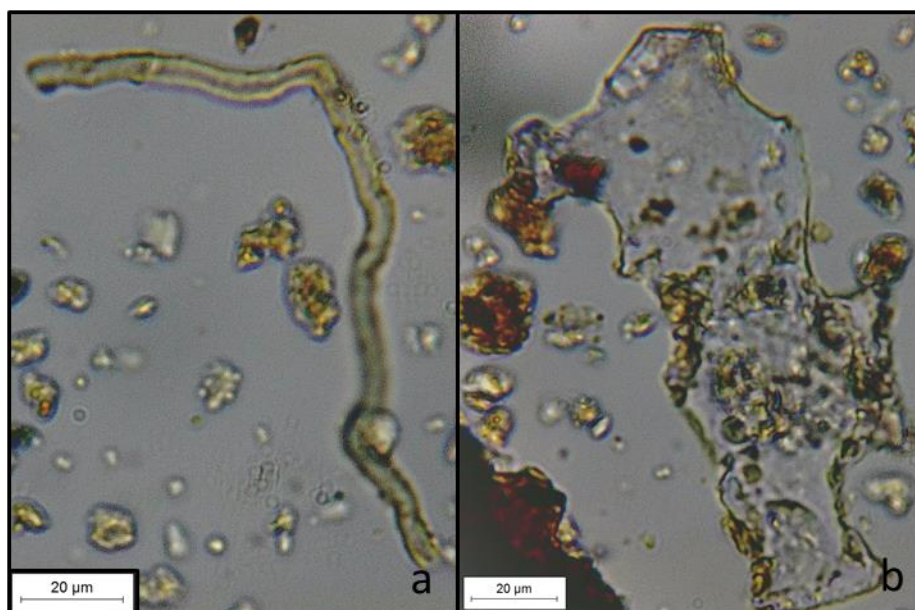


Figura 32. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA2: a: tejido vascular, b. irregular. Escala 20μ

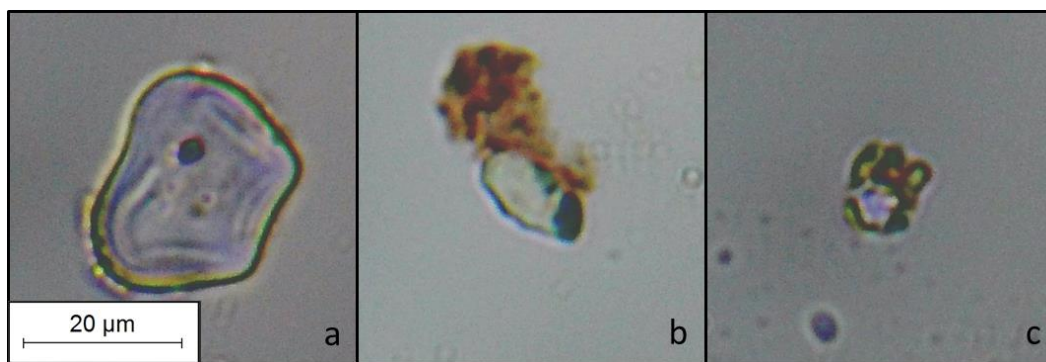


Figura 33. Taxones identificados en la muestra FA3: a. Bambusoideae, b. Cannaceae, c. arboreo general. Escala 20µ.

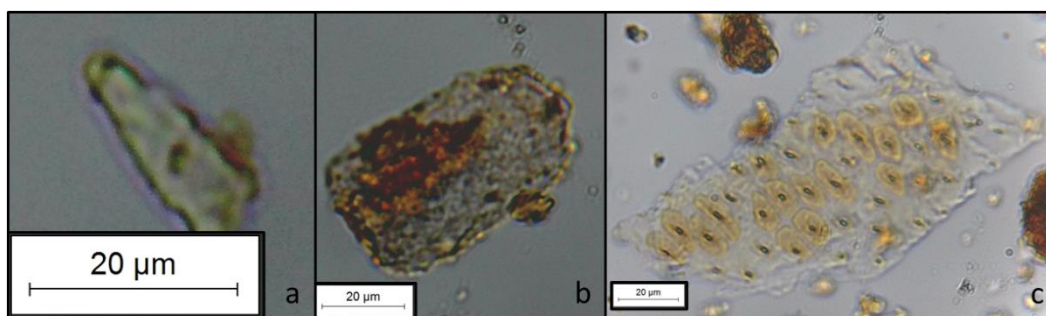


Figura 34. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA3: a. acuminado, b. bloque granulado, c. tejido. Escala 20µ.

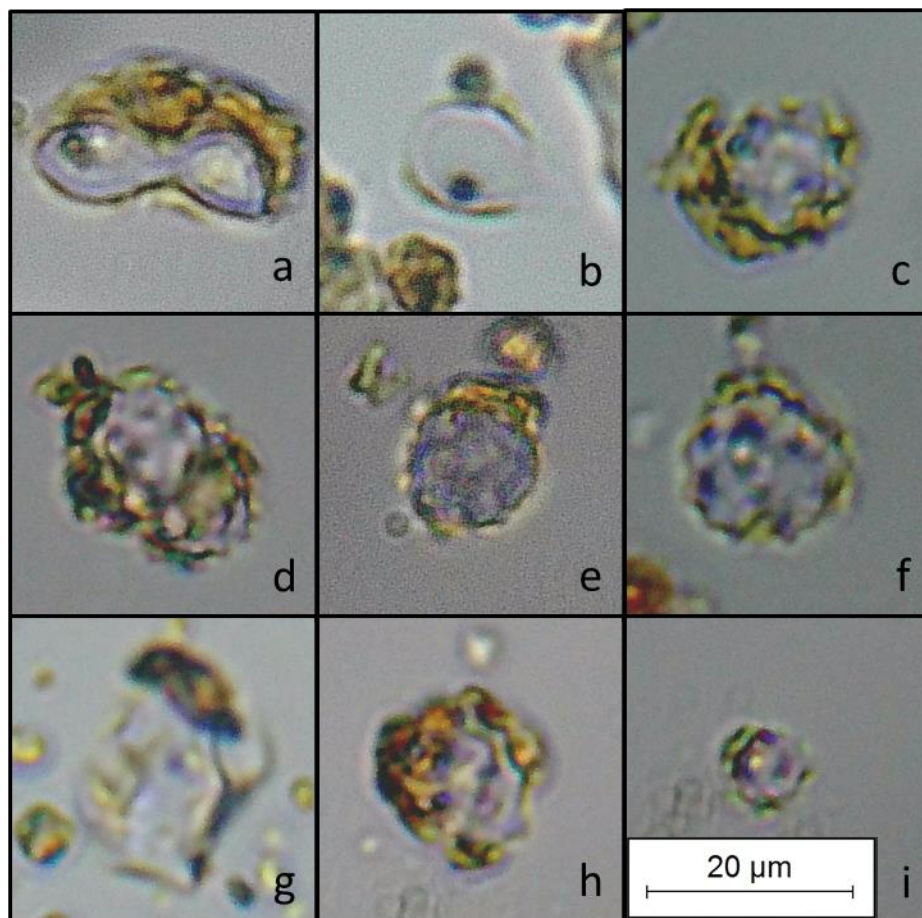


Figura 35. Taxones identificados en la muestra FA4: a. *Panicoideae*, b- *Chloridoideae*, c. *Arecaceae*, d. *Marantaceae*, e. *Canna cf. indica*, f. *Calathea ssp.*, g-h. *Cucurbitaceae*, i. arbóreo general. Escala 20μ.



Figura 36. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA4: a. *jigsaw* y *cistolito*, b. *tejido vascular*, c. *elongate*. Escala 20μ

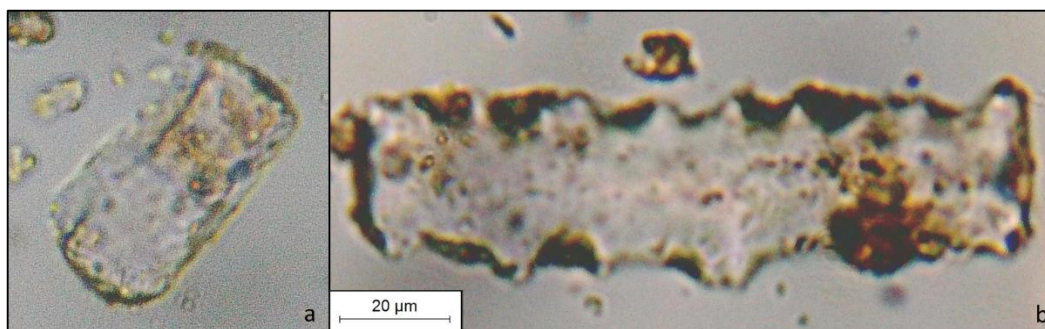


Figura 37. Taxones identificados en la muestra FA6: a. arbóreo general. B. *Poaceae* (células largas). Escala 20μ.



Figura 38. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA6: a. tejido vascular, b. irregular, c. elongate. Escala 20µ.

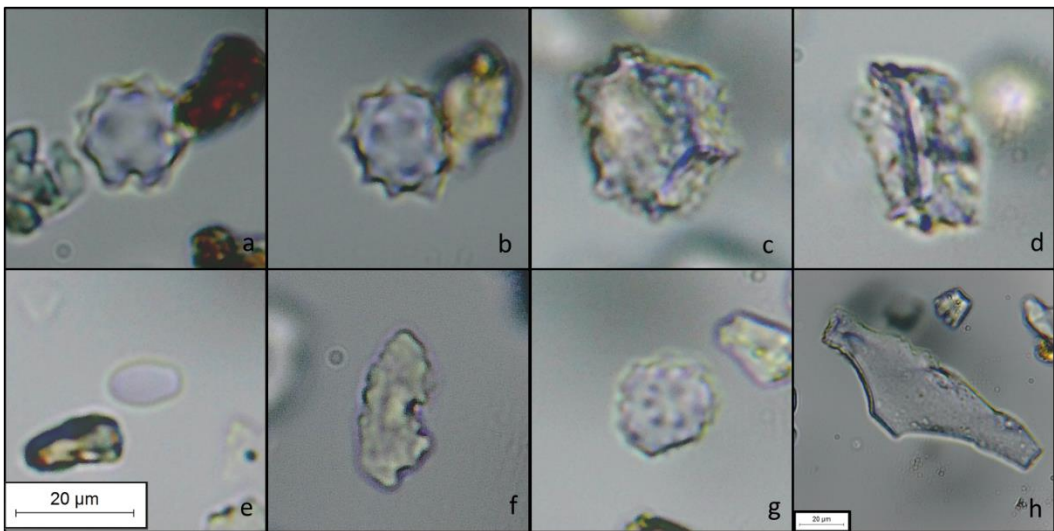


Figura 39. Taxones identificados en la muestra FA7: a-b. Arecaceae, c-d. Marantaceae (parte superior de un prisma decorado), e. Cannaceae, f. Heliconiaceae, g. Calathea ssp., h. arbóreo general. Escala 20µ.

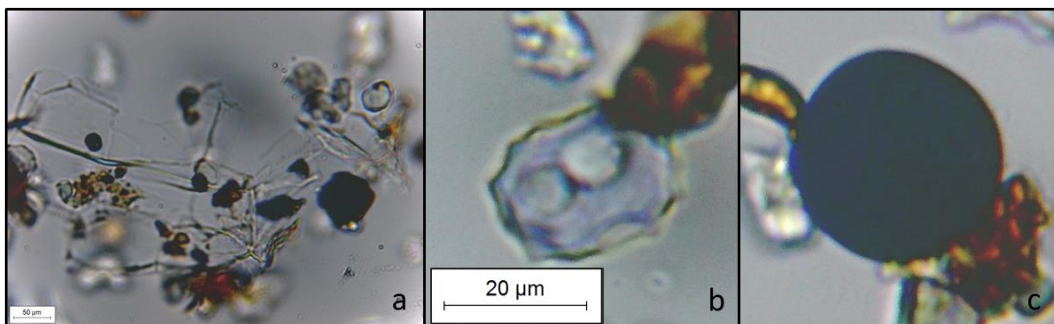


Figura 40. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA7: a. tejido indeterminado, b. irregular, c. esférico opaco. Escala 20µ.

En la muestra FA 7, por tratarse de una muestra de suelo, es decir, es representativa del entorno, los fitolitos se dividieron en los siguientes grupos: indicadores de ambientes boscosos (Arecaceae, arbóreo general, Bambusoideae, Cannaceae), indicadores de ambientes abiertos (no se recuperaron), indicadores de ambientes perturbados (Marrantaceae, Heliconiaceae), Indicadores

de ambientes húmedos (no se recuperaron fitolitos, pero aparecen microrrestos de otro tipo indicadores de ambientes húmedos). Como puede verse en la Figura 41, el ambiente es predominantemente boscoso, con un notable aporte de la familia Arecaceae al conjunto, y presencia de indicadores de ambientes alterados como Marantaceae, por lo que debe considerarse la posibilidad de que se trate de un área dedicada a la explotación de palmeras, en la que se llevara a cabo algún comportamiento asociado que garantizara la abundancia de las mismas, por ejemplo actividades como cuidado de las plantas, trasplante, eliminación de la competencia y de malezas y riego artificial (Harris 2007, 17), no se observan evidencias de carbonización en los fitolitos ni partículas de carbón, por lo que no se considera el uso del fuego.

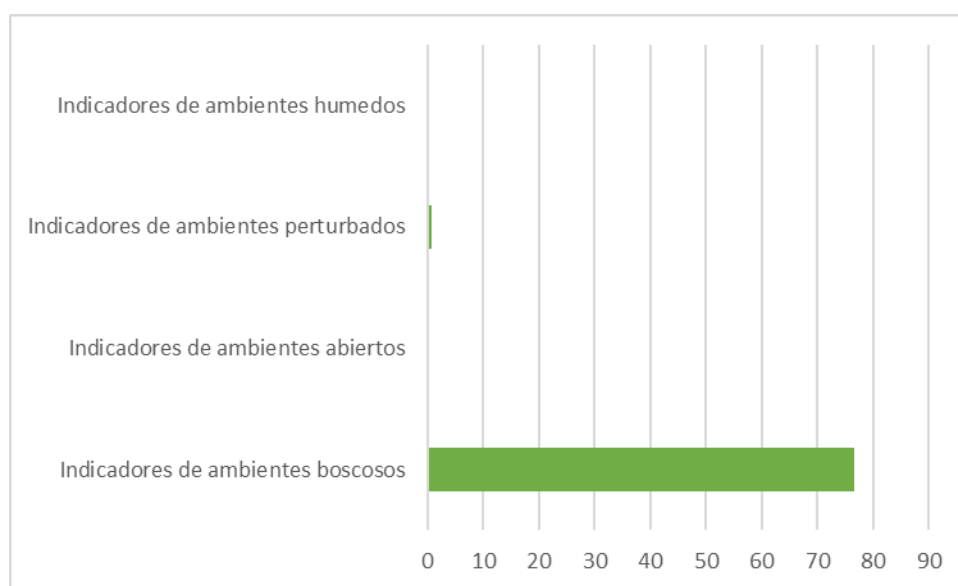


Figura 41. Porcentajes de los diferentes indicadores ambientales en la muestra FA7.

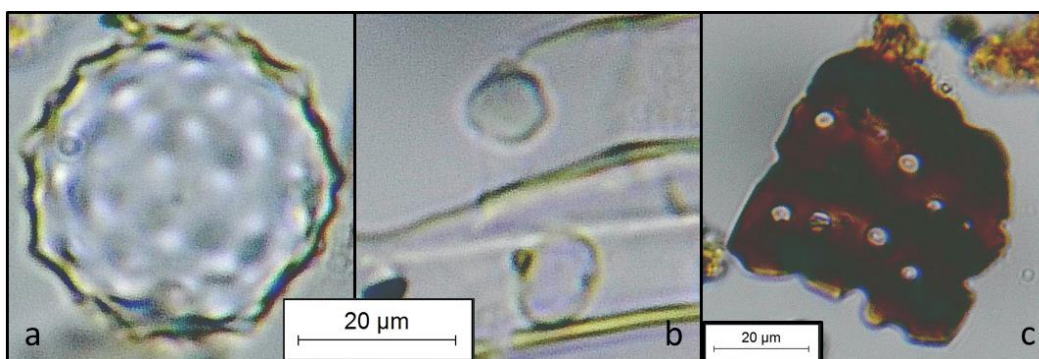


Figura 42. Taxones identificados en la muestra FA8: a. Arecaceae, b. Cannaceae, c. Asteraceae. Escala 20µ.

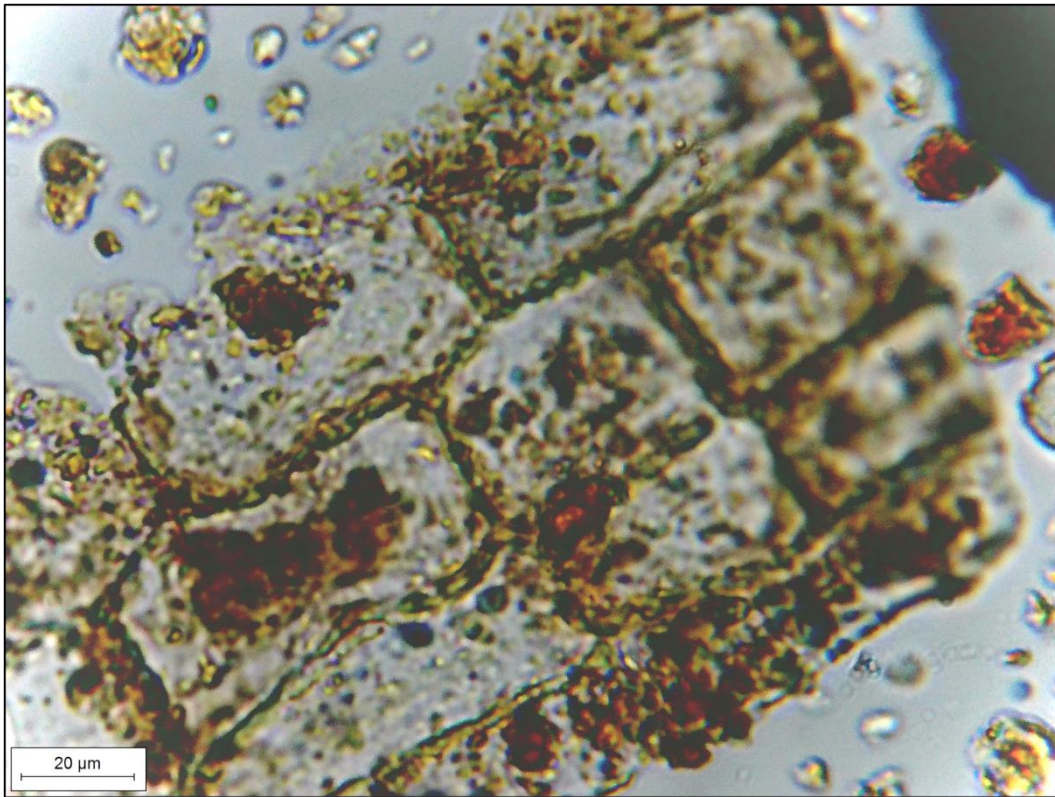


Figura 43. Células epidérmicas de arbóreo general identificadas en la muestra FA9. Escala 20μ.

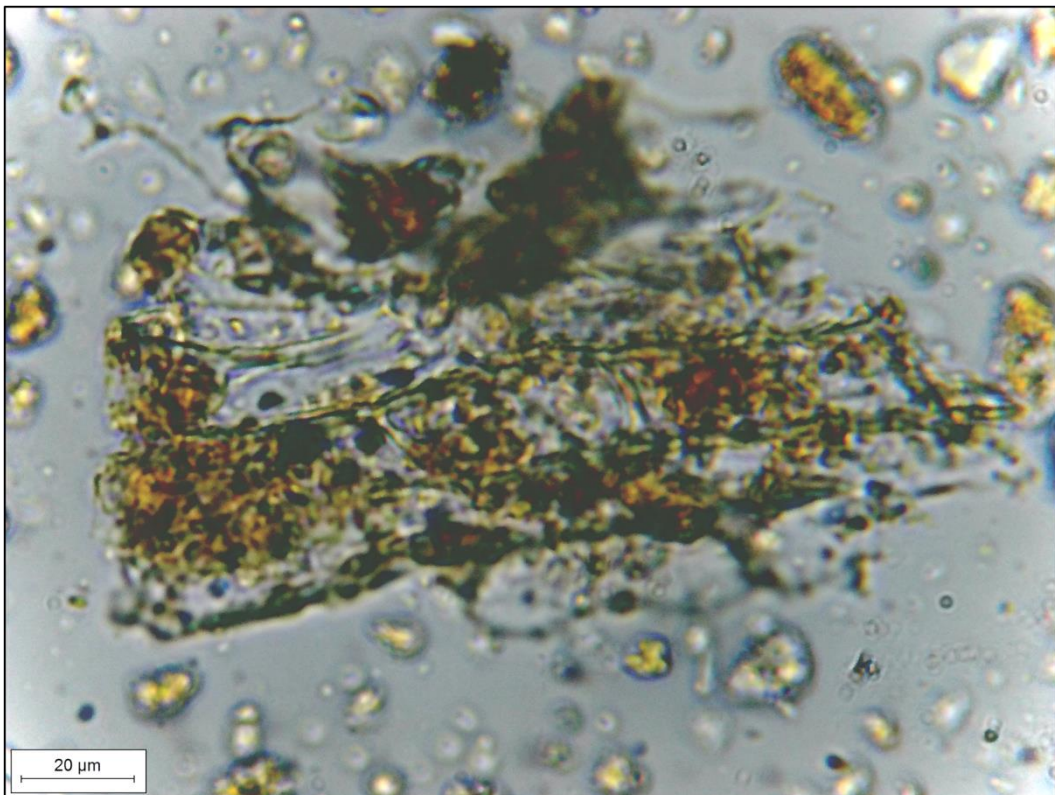


Figura 44. Tejido indiferenciado recuperado en la muestra FA10. Escala 20μ.

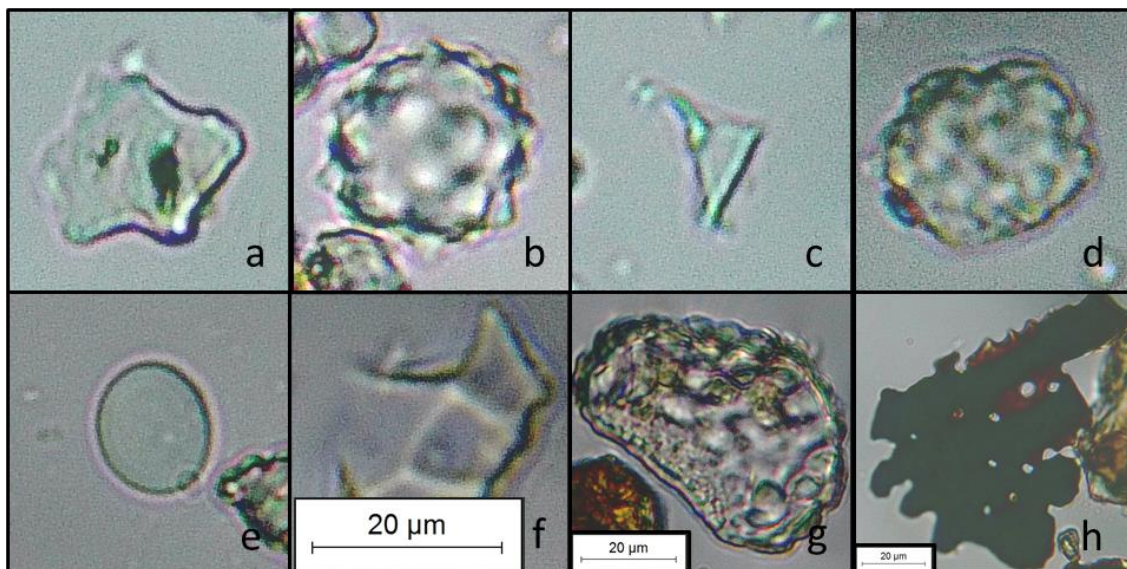


Figura 45. Taxones identificados en la muestra FA13: a. Bambusoideae, b. Arecaceae, c. Cyperaceae, d. Marantaceae, e. Cannaceae, f. Cucurbitaceae, g. Lorantheae, h. Asteraceae. Escala 20µ.



Figura 46. Morfotipos no diagnósticos o no identificados en la muestra FA13: a. tejido no diferenciado, b. rafidio, c. irregular. Escala 20µ.

Granos de almidón

En las muestras del sitio I6-4 se recuperaron en total 285 granos de almidón, distribuidos así:

Muestra	Zea mays	Bromus	Maranta ssp.	Capsicum ssp.	Cucurbitaceae	Cyperaceae	Arecaceae	Dioscorea ssp.	Phaseolus	Calathea ssp.	Chenopodiaceae	n.i	Transitorios	Triticeae	Total
FA1	20	2	4	1	3	1	8	5	4			15	3		66
FA2	13						3	1				1	2		20
FA3	9						1					1			11
FA4	11						1					2	3		17
FA5	14	2	1	1	1		8	1		1		6	6		41
FA6	4							1		1		4			10
FA7															0
FA8	6				1							2			9
FA9	5									1	1	1			8
FA10	22		1							1		5	3		32
FA11	19		3				4	2				4	5		37
FA12	17		2				1			1		2	1		24
FA13												3		1	4

Tabla 3. Taxones identificados mediante granos de almidón en el sitio I6-4.

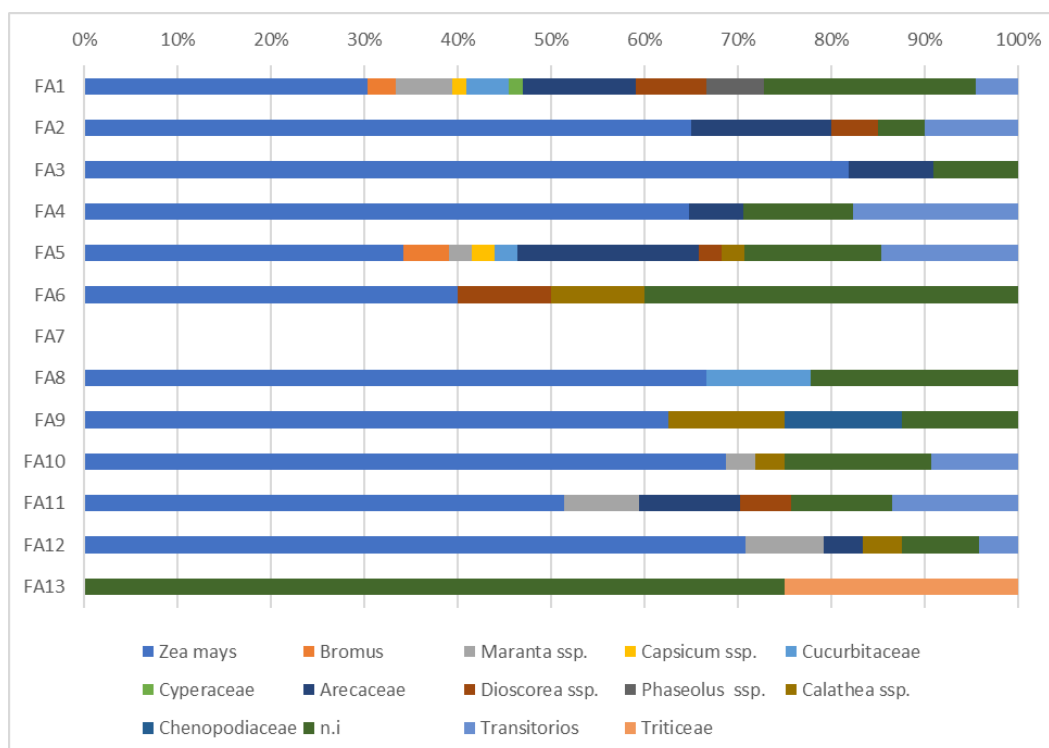


Figura 47. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante almidones en las muestras del sitio I6-4.

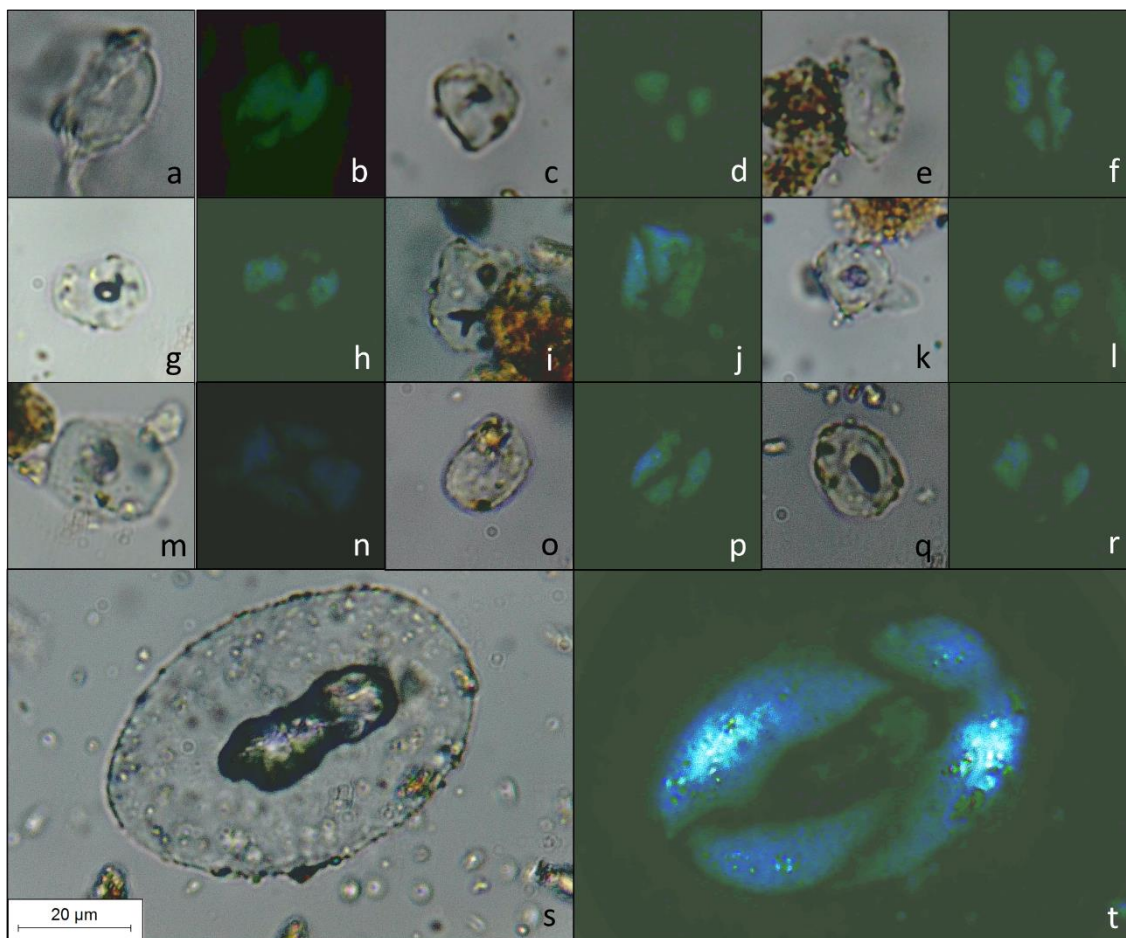


Figura 48. Taxones identificados en la muestra FA1: a-b. *Phaseolus* ssp., c-f. *Dioscorea* ssp. g-j. *Arecaceae*, k-l. *Cucurbitaceae*, m-n. *Zea mays*, o-p. *Bromus* ssp., q-r. *Capsicum* ssp., s-t. *Maranta* ssp. Escala 20μ.

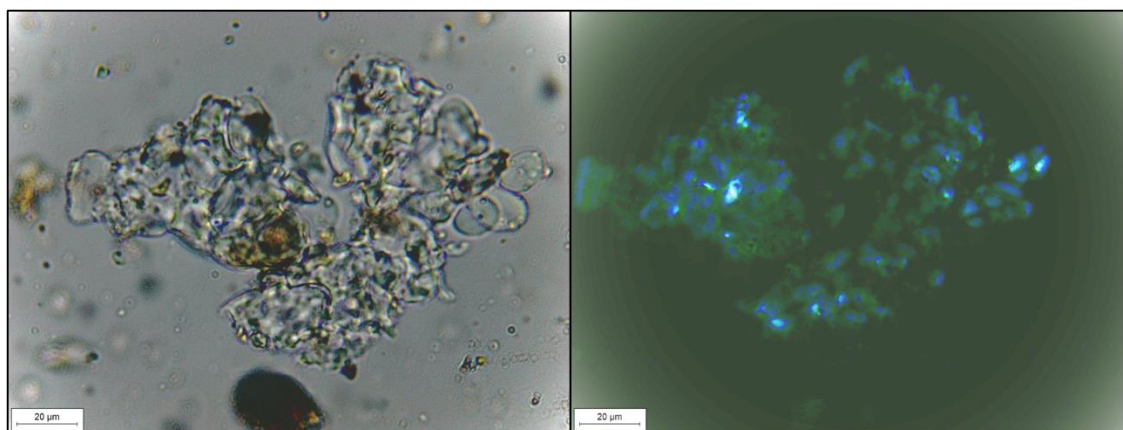


Figura 49. Clúster de granos adjudicados a *Cyperaceae* y fitolito diagnóstico de los rizomas de esta familia. Recuperados en la muestra FA1. Escala 20μ.

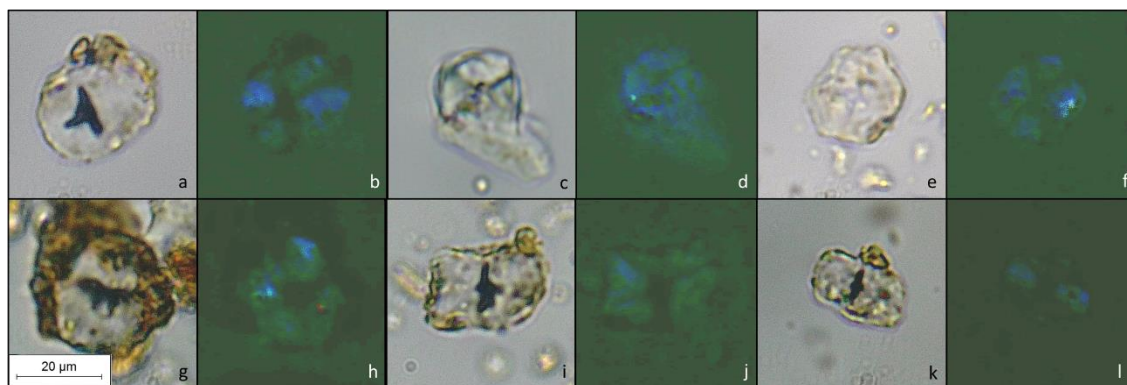


Figura 50. taxones identificados en la muestra FA2: a-b. *Dioscorea* ssp., c-h. *Zea mays*, i-l. *Areaceae*. Escala 20µ.

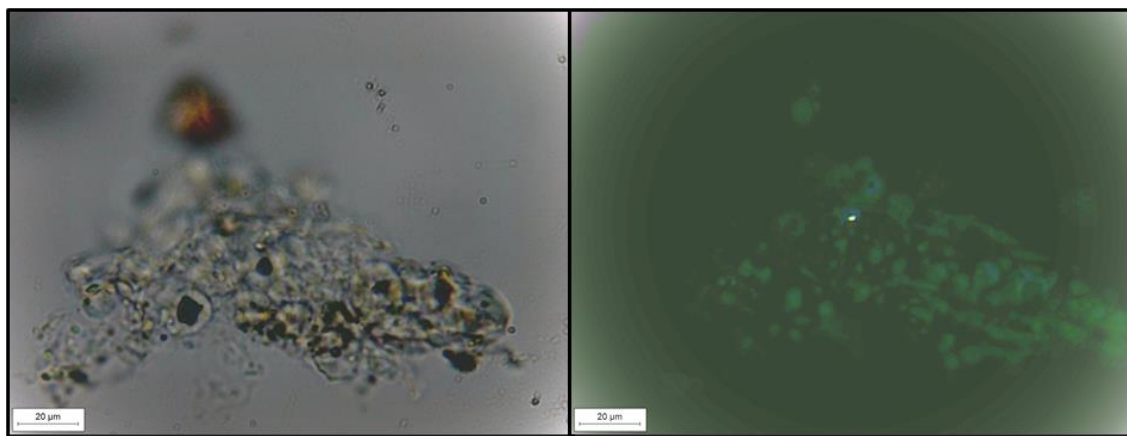


Figura 51.. Clúster de granos identificados como *Zea mays*, con evidencias de tostado (Tavarone 2019). Escala 20µ.

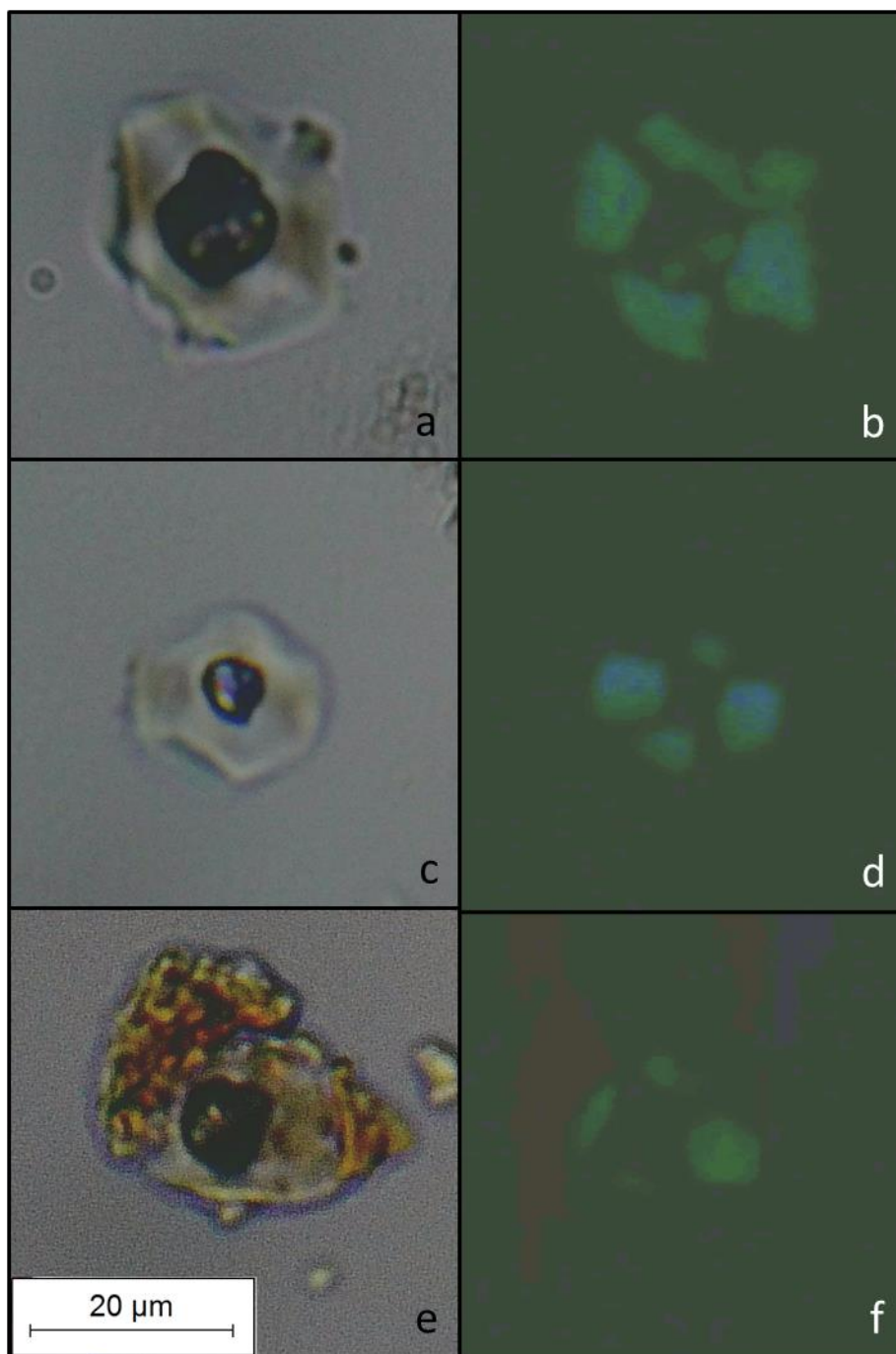


Figura 52. Taxones identificados en la muestra FA3: a-d. *Zea mays*, e-f. *Arecaceae*. Escala 20μ.

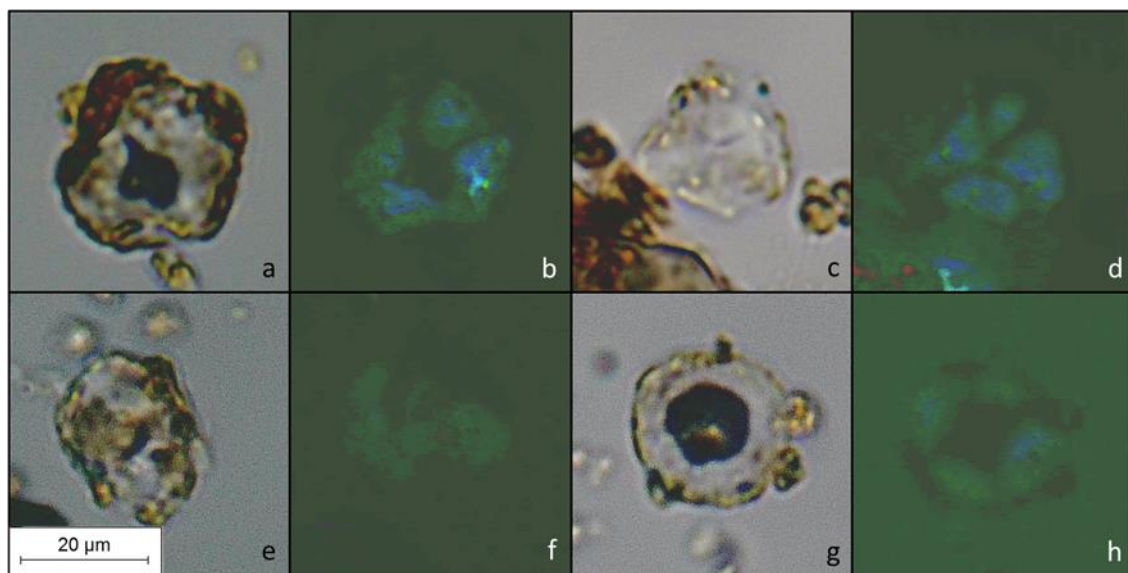


Figura 53. Taxones identificados en la muestra FA4: a-d. *Zea mays*, e-f. *Arecaceae*, g-h. transitorio. Escala 20 μ .

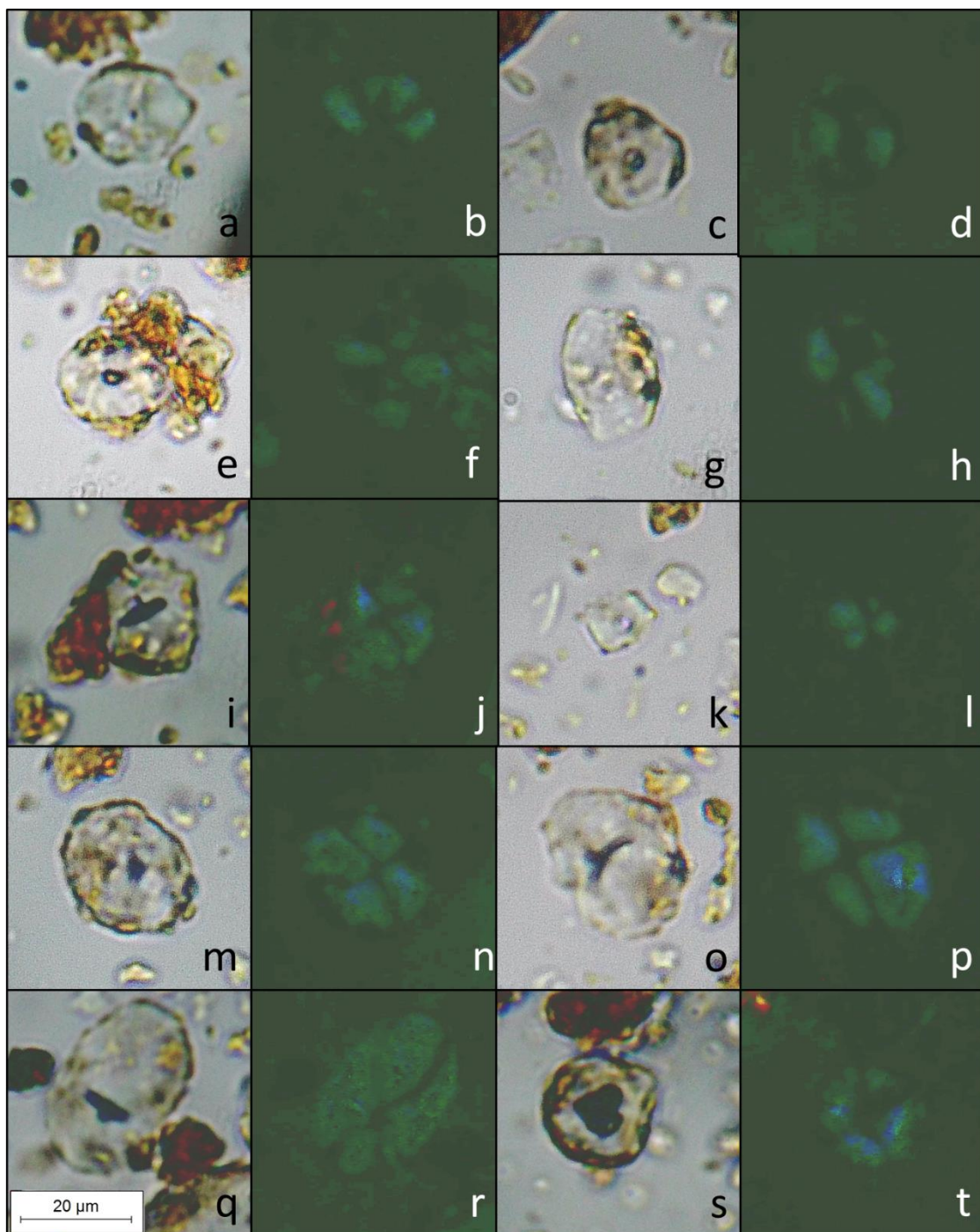


Figura 54. Taxones identificados en la muestra FA5: a-d. *Zea mays*, e-f. *Capsicum ssp.*, g-h. *Calathea ssp.*, i-l. *Arecaceae*, m-n. *Bromus ssp.*, o-p. *Dioscorea ssp.*, q-r. *Maranta ssp.*, s-t. *Cucurbitaceae*. Escala 20μ.

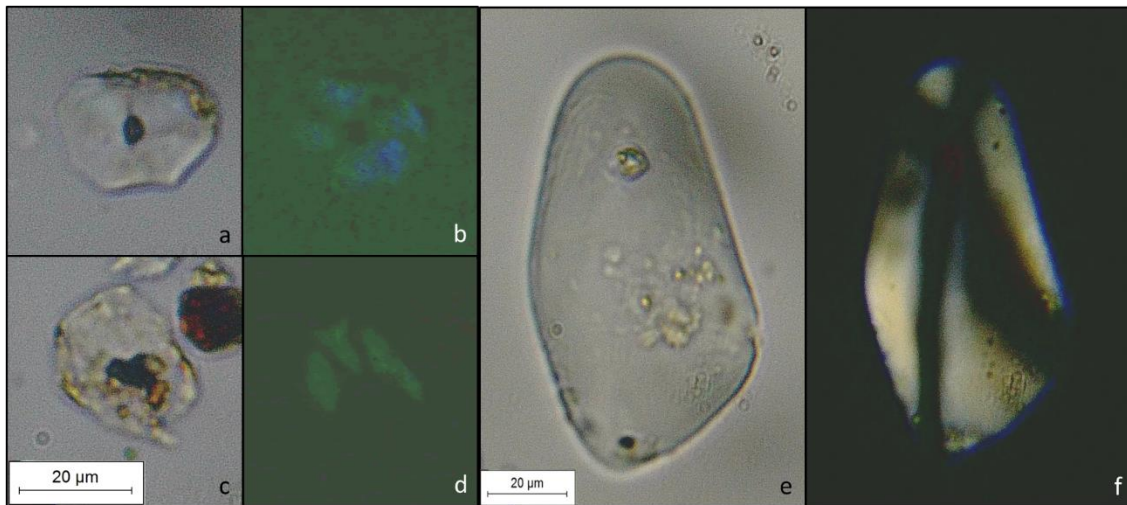


Figura 55. Taxones identificados en la muestra FA6: a-b. *Zea mays*, c-d. *Calathea* ssp., e-f. *Dioscorea* ssp. Escala 20μ.

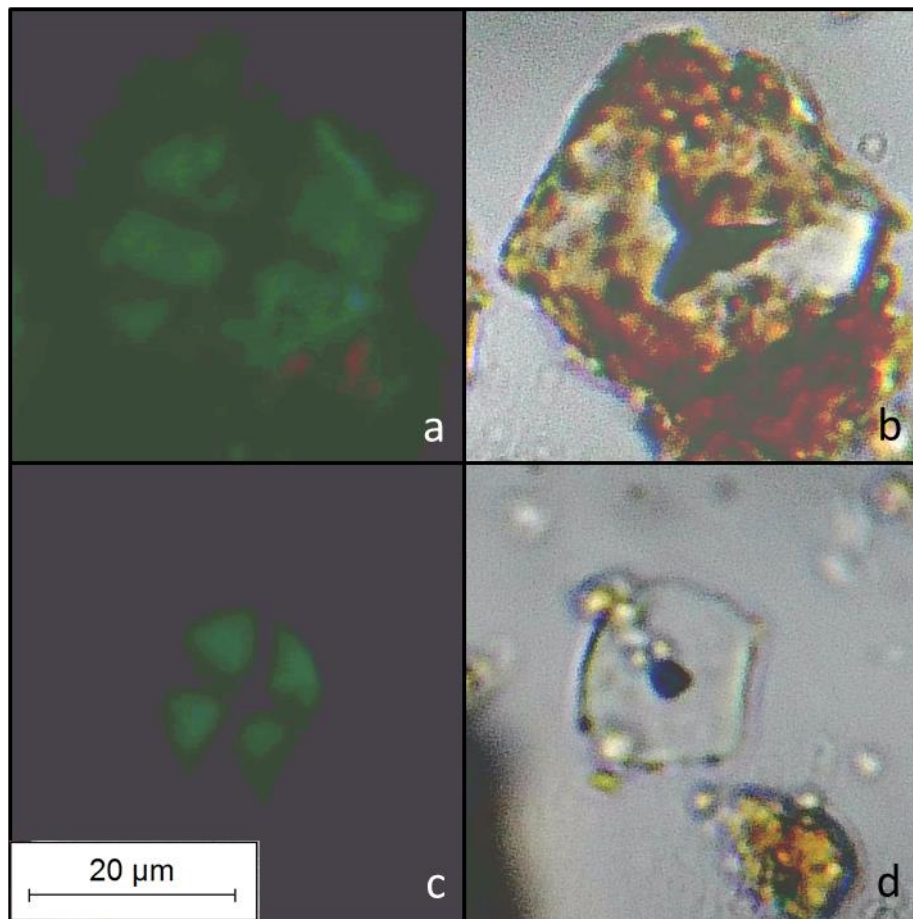


Figura 56. taxones identificados en la muestra FA8: a-b. *Zea mays*, c-d. *Cucurbitaceae*. Escala 20μ.

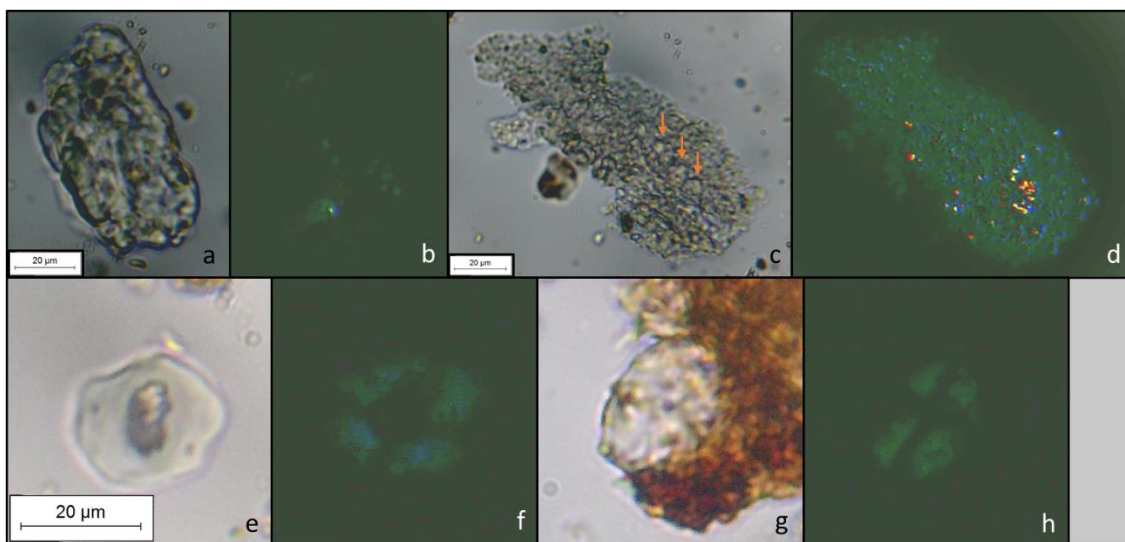


Figura 57. Almidones recuperados en la muestra FA9: a-b. clúster de granos ni identificados, con alteraciones por cocción húmeda. c-d. *Chenopodiaceae*, e-f. *Zea mays*, g-h. *Calathea ssp.* Escala 20μ.

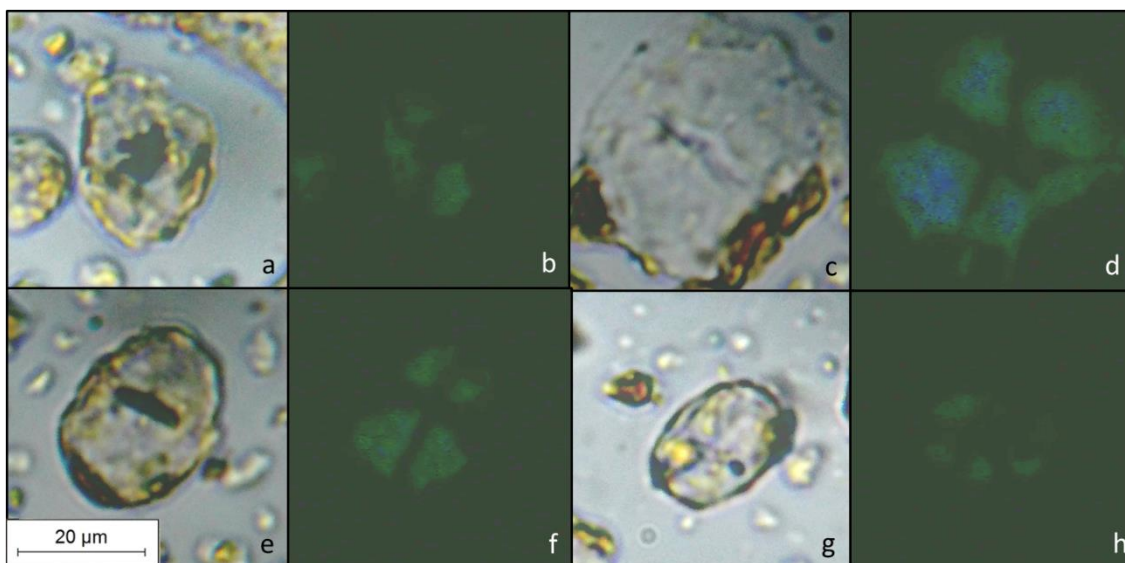


Figura 58. Taxones identificados en la muestra FA10: a-d. *Zea mays*, granos con evidencias de tostado y cocción húmeda respectivamente, e-d. *Maranta ssp.*, g-h. *Calathea ssp.* Escala 20μ.

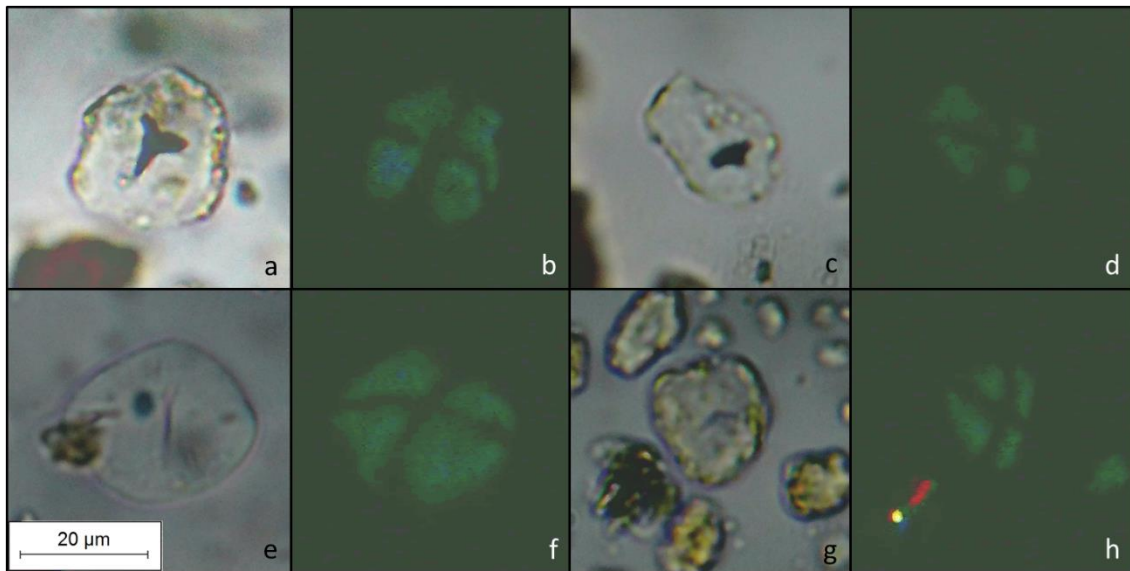


Figura 59. Taxones identificados en la muestra FA11: a-b. *Zea mays*, c-d. *Arecaceae*, e-f. *Maranta ssp.*, g-h. *Dioscorea ssp.*. Escala 20μ.

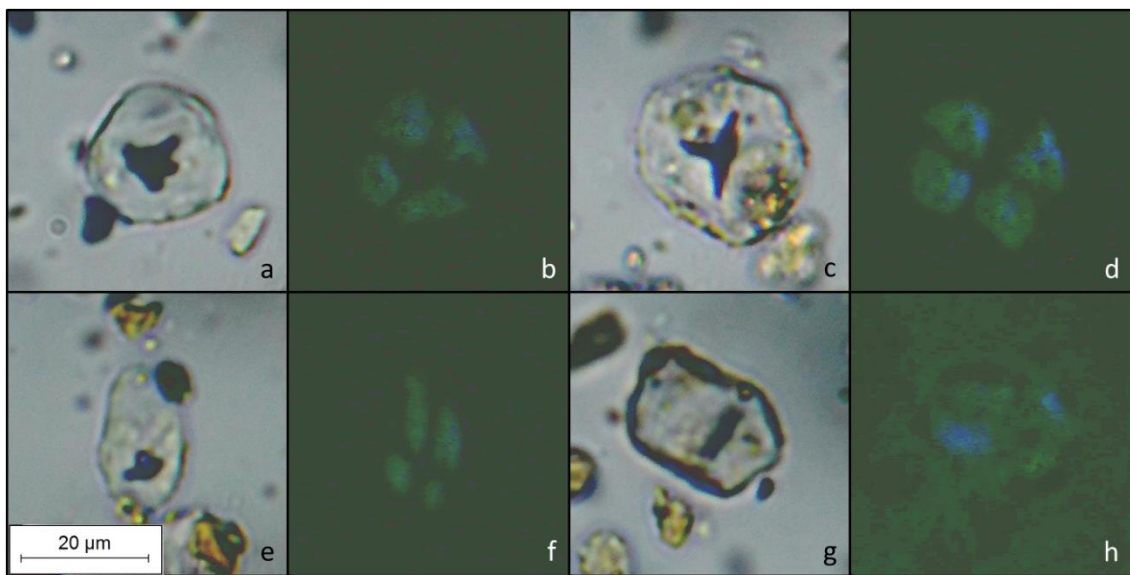


Figura 60. Taxones identificados en la muestra FA12. a-d. *Zea mays*, e-f. *Calathea ssp.*, g-h. *Arecaceae*. Escala 20μ.



Figura 61. Granos identificados como Triticeae, recuperados en la muestra FA13. Escala 20μ.

Otros microrrestos

Los microrrestos diferentes a fitolitos y granos de almidón recuperados en este sitio fueron:

Muestra	Diatomeas	Polen	Esporas	espículas de espongiarios	Zooclasto	Concentricystes
FA1	1					1
FA2		2	1			7
FA3						4
FA4		2	3	7		13
FA5		1			1	3
FA6	1	2				
FA7		6				
FA8	1	9		2		3
FA9						1
FA10		2				3
FA11						
FA12						5
FA13		5				7

Tabla 4. Otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio I6-4.

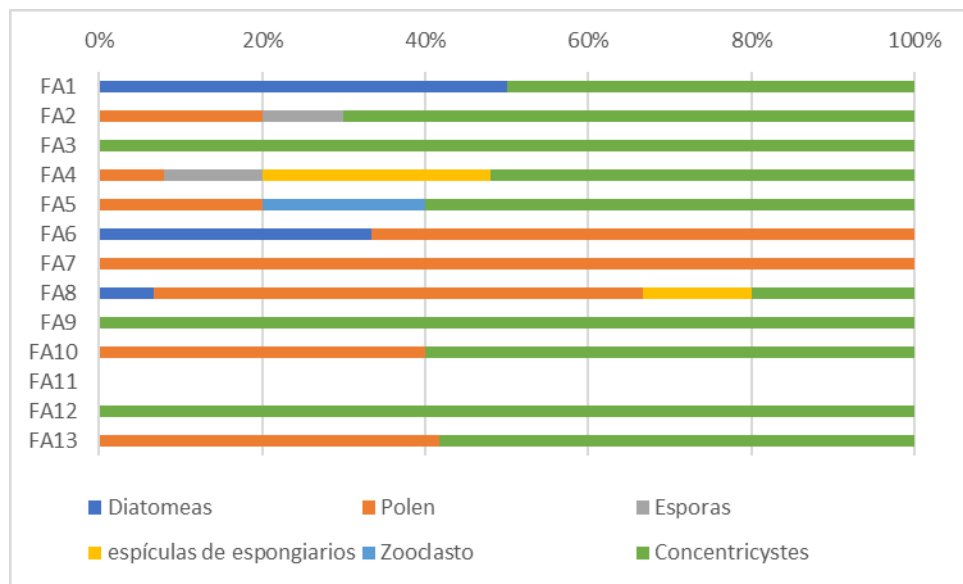


Figura 62. Distribución de otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio I6-4.

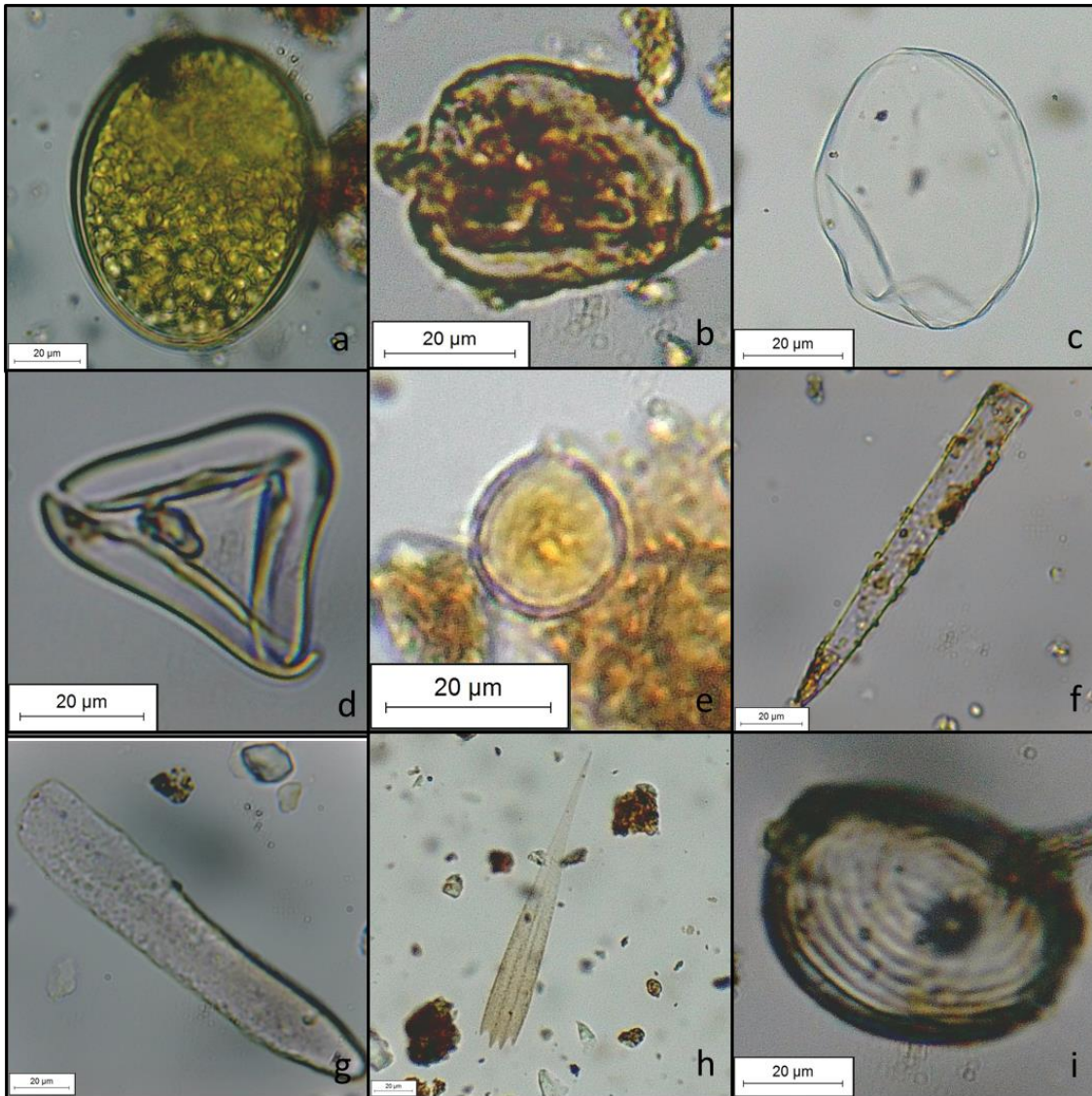


Figura 63. Otros microrrestos recuperados en el sitio I6-4: a. Diatomea, muestra FA1; b-d. Polen, muestras FA2, FA4, FA7; e. Espora, muestra FA2; f-g. espículas de espongiarios, muestras FA4 y FA8; h. Zooclasto, muestra FA8; i. Concentricystes, muestra FA13. Escala 20µ.

Sitio J9-1

Fitolitos

En las muestras pertenecientes a este sitio se recuperaron en total 59 fitolitos distribuidos de la siguiente manera:

Muestra	Poaceae		Arecaceae	Cyperaceae	Zingiberales			Cucurbitaceae	Asteraceae	Arboreo general	No diagnósticos y no identificados	Total
	Bambusoideae	Chloridoideae			Marantaceae	Cannaceae	Calathea ssp.					
FA14		2	7	1		8	2	2	1	2	6	31
FA15	1	1	3		7	11					4	27
FA16						1						1

Tabla 5. Taxones identificados mediante fitolitos en el sitio J9-1.

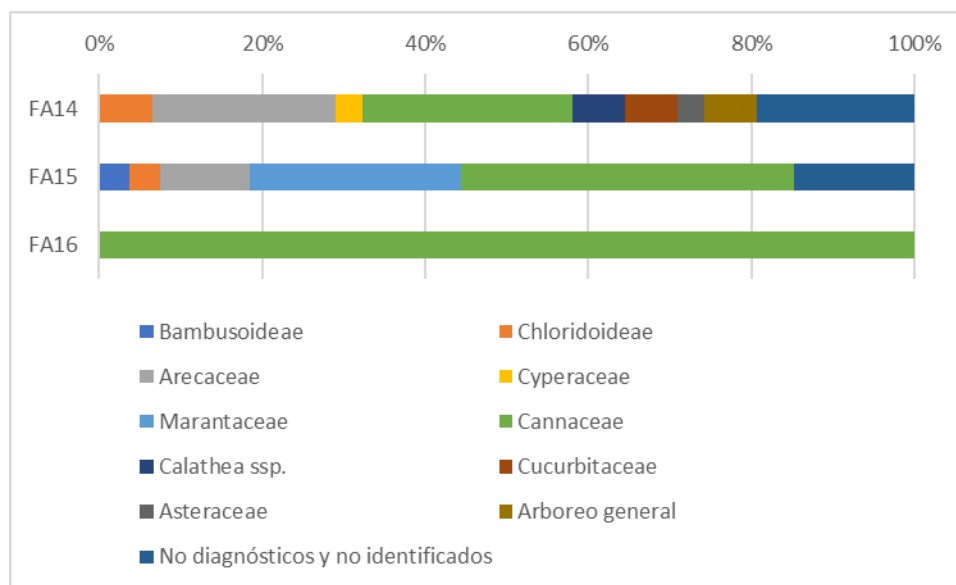


Figura 64. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante fitolitos en las muestras del sitio J9-1.

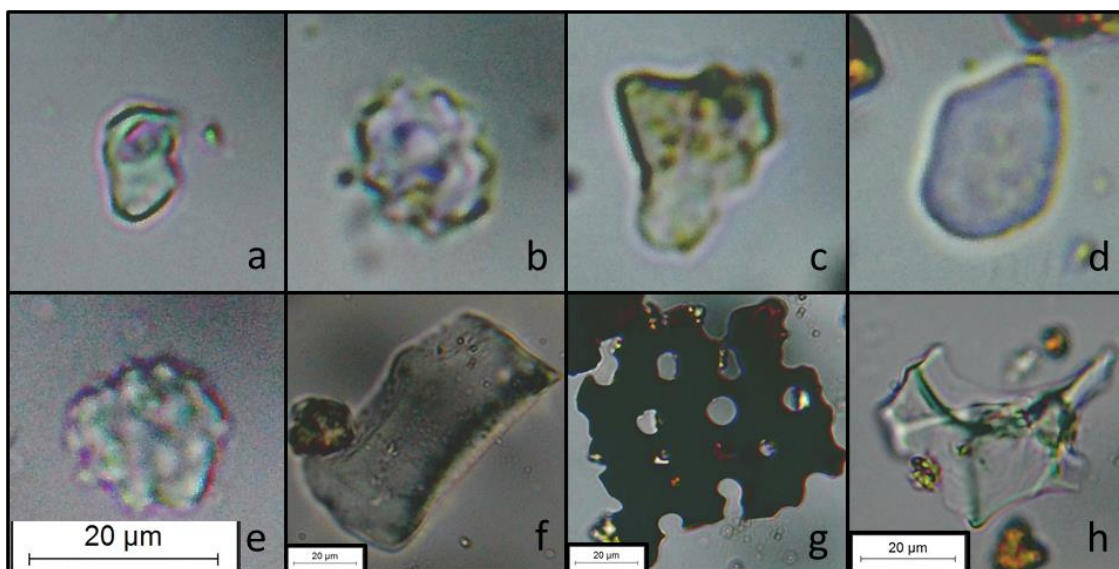


Figura 65. Taxones identificados en la muestra FA14: a. Chloridoideae, b. Areaceae, c. Cyperaceae, d. Cannaceae, e. *Calathea* ssp., f. arboreo general, g. Asteraceae, h. Cucurbitaceae. Escala 20µ.

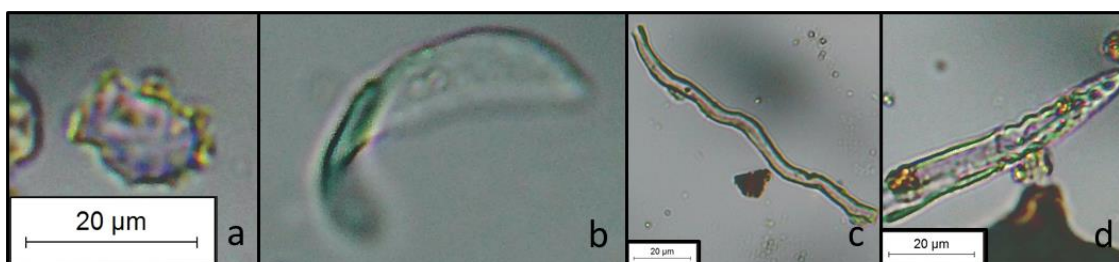


Figura 66. Morfotipos no diagnósticos y no identificados en la muestra FA14: a. irregular, b. "cinta", c. tejido vascular, d. tricoma decorado. Escala 20µ.

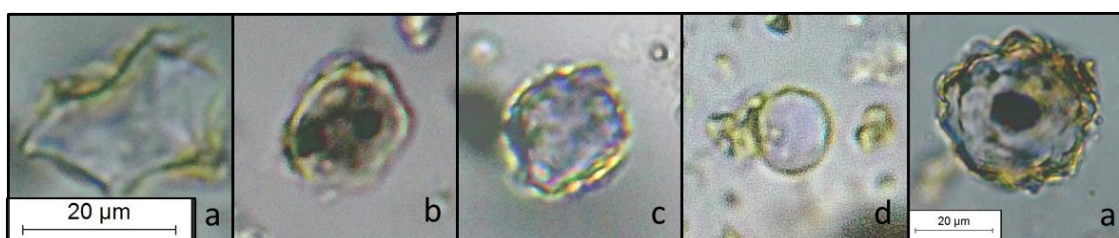


Figura 67. Taxones identificados en la muestra FA15: a. Bambusoideae, b. Chloridoideae, c. Marantaceae, d. Cannaceae, e. Areaceae. Escala 20µ.

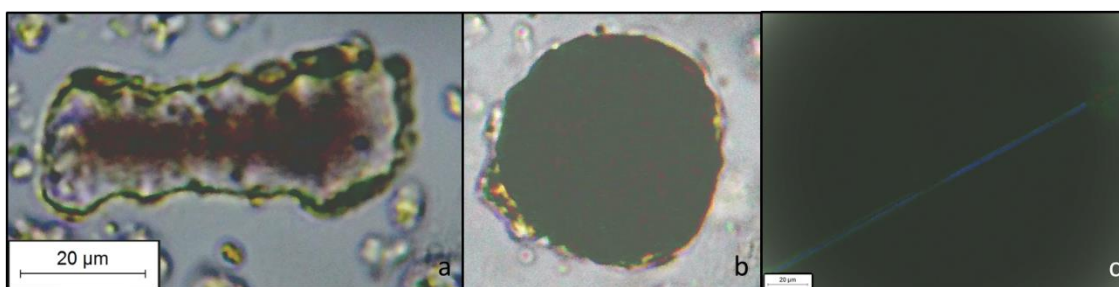


Figura 68. Morfotipos no identificados o no diagnósticos en la muestra FA15: a. elongate, b. esférico opaco, c. rafidio. Escala 20µ.

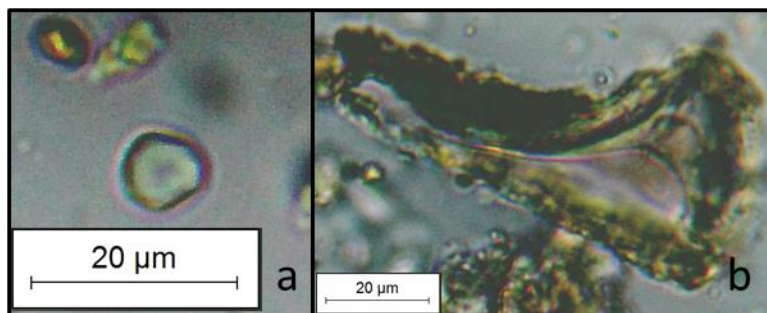


Figura 69. Fitolitos recuperados en la muestra FA16: a. Cannaceae, b. Fitolito bulliforme. Escala 20µ.

Granos de almidón

En las muestras del sitio J9-1 se recuperaron en total 29 granos de almidón, distribuidos así:

Muestra	Zea mays	Solanum ssp.	Maranta ssp.	Capsicum ssp.	Fabaceae	Transitorios	No identificados	Total
FA14		1					3	4
FA15	2		4	1	1	2	5	15
FA16	4	1	2				3	10

Tabla 6. Taxones identificados mediante granos de almidón en el sitio J9-1.

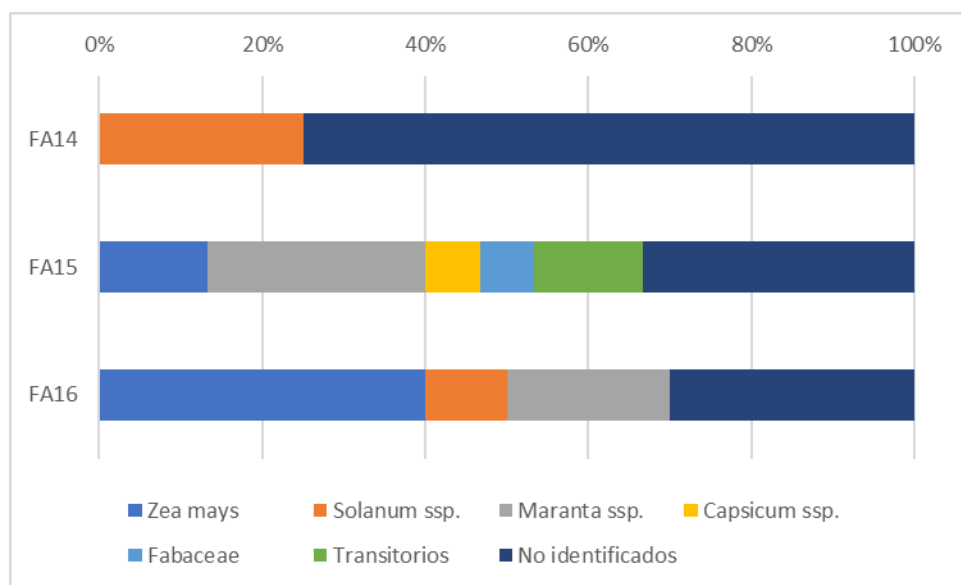


Figura 70. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante almidones en las muestras del sitio J9-1.

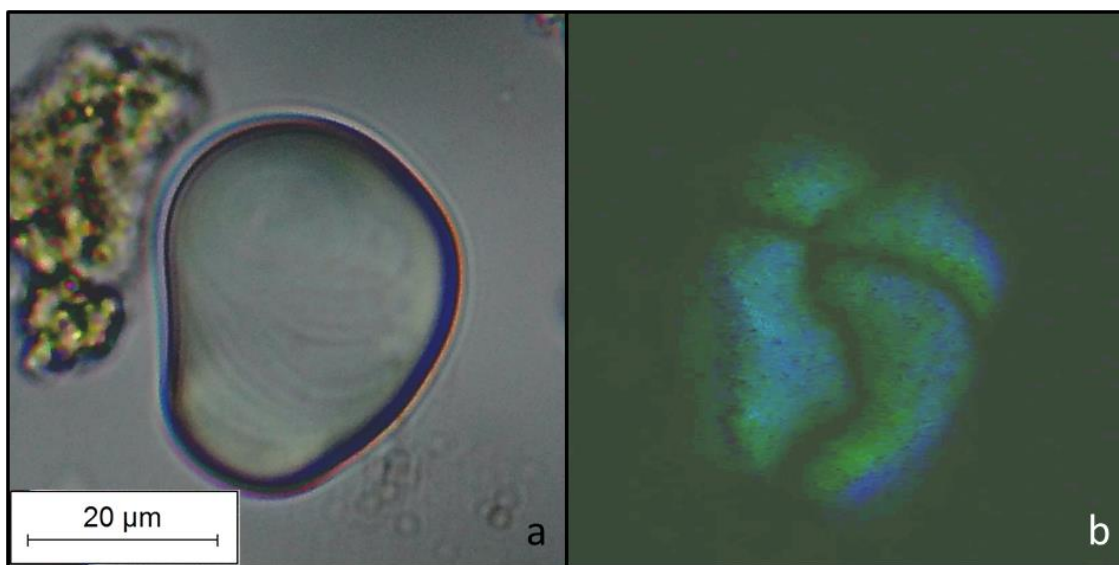


Figura 71. Taxones identificados en la muestra FA14: a-b. *Solanum ssp.* Escala 20μ.

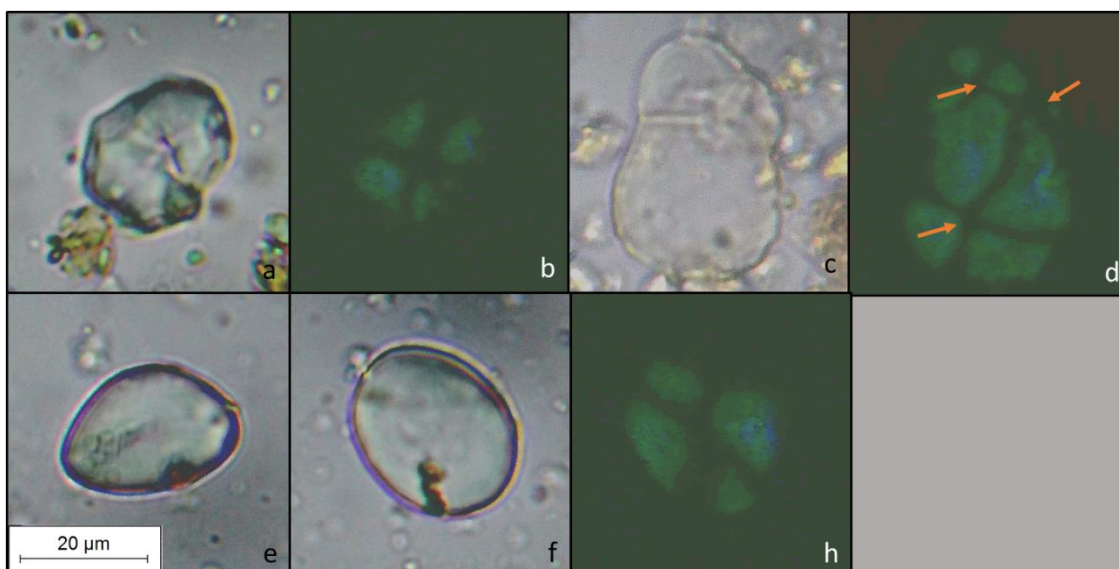


Figura 72. Taxones identificados en la muestra FA15: a-b. *Zea mays*, c-d. *Marantaceae ssp.*, las flechas muestran el hilum de cada grano; e-h. *Capsicum ssp.* Escala 20μ.

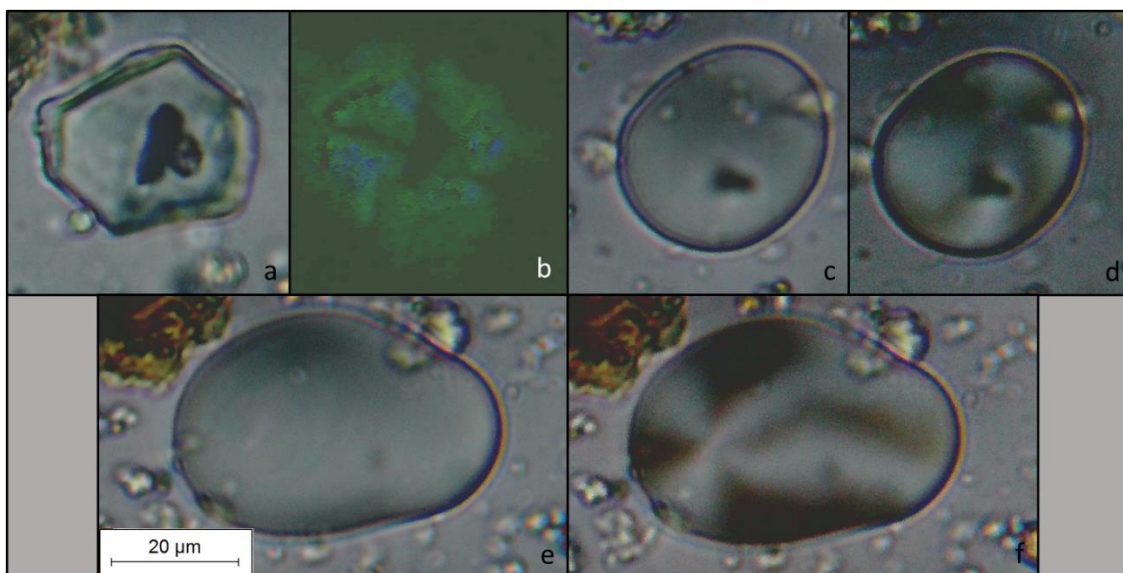


Figura 73. Taxones identificados en la muestra FA16. a-b. *Zea mays*, c-d- *Maranta ssp.*, e-f. *Solanum ssp.*. Escala 20μ.

Otros microrrestos

Los microrrestos diferentes a fitolitos y granos de almidón recuperados en este sitio fueron:

Muestra	Polen	Concentricystes
FA14	13	1
FA15	3	
FA16		

Tabla 7. Otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio J9-1.

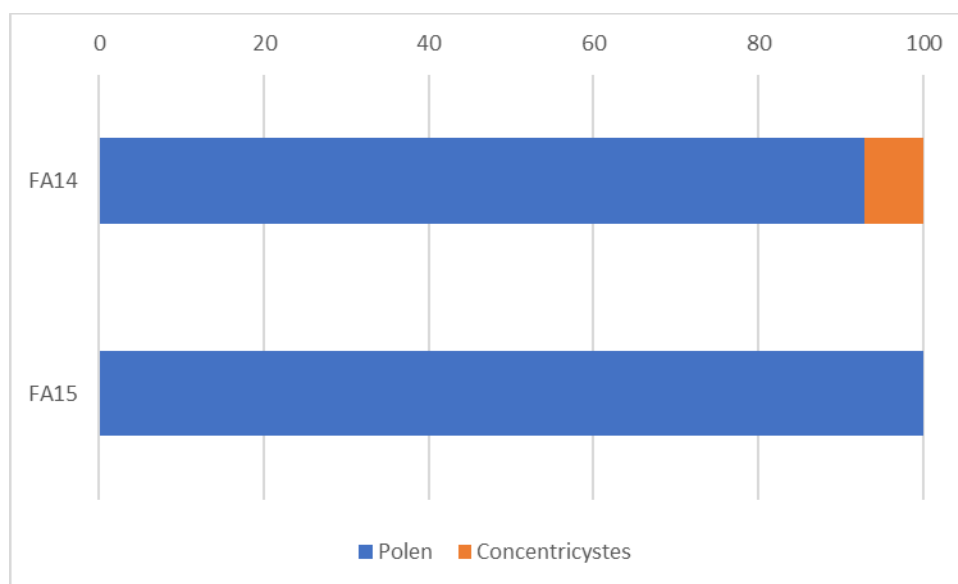


Figura 74. Distribución de otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio J9-1.

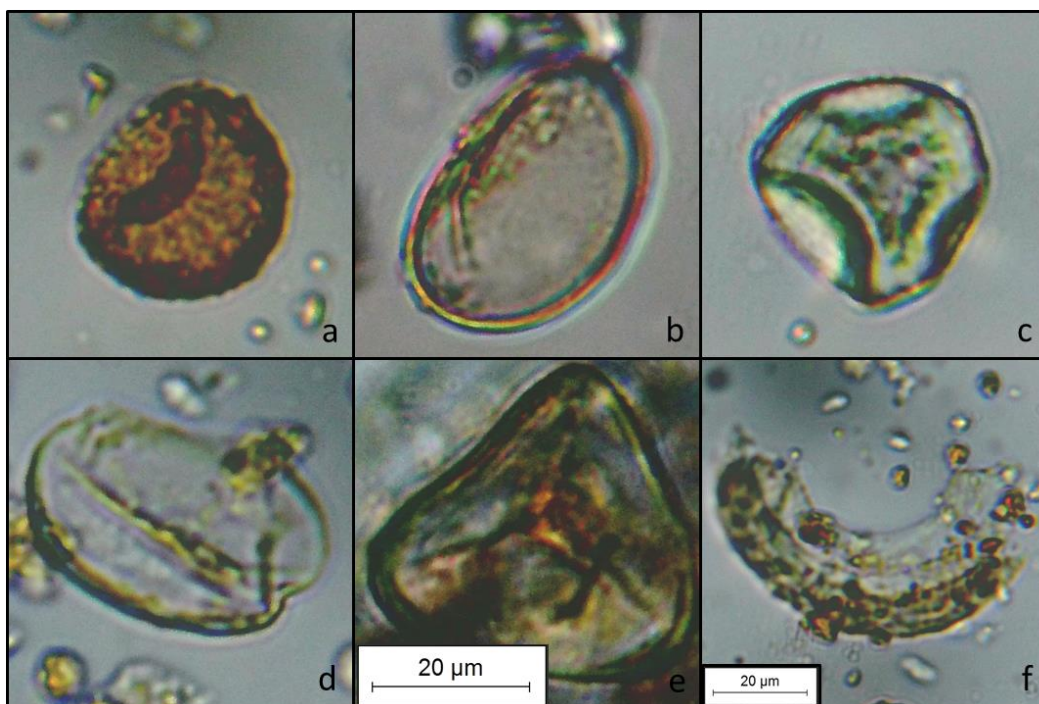


Figura 75. Otros microrrestos recuperados en el sitio J9-1: a-c. Polen muestra FA14, d-e. Polen muestra FA15, f. fragmento de concentricystes, muestra FA14. Escala 20μ

Sitio J9-2

Fitolitos

En las muestras pertenecientes a este sitio se recuperaron en total 3 fitolitos distribuidos de la siguiente manera:

Muestra	Cannaceae	Cucurbitaceae	Total
FA17	1	2	3

Tabla 8. Taxones identificados mediante fitolitos en el sitio J9-2.

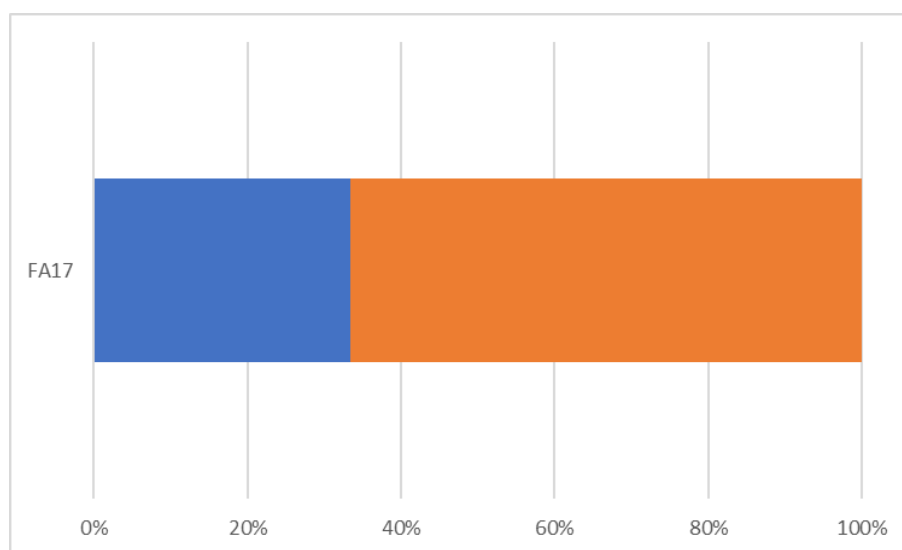


Figura 76. Distribución de los taxones identificados mediante fitolitos en el sitio J9-2.

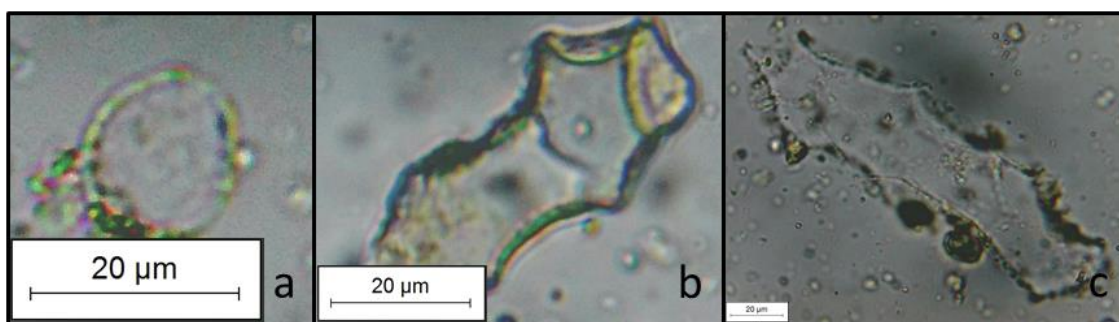


Figura 77. Fitolitos recuperados en la muestra FA17: a. Cannaceae, b-c. Cucurbitaceae. Escala 20µ.

Granos de almidón

En este sitio se recuperaron 11 granos de almidón, distribuidos en los siguientes taxones:

Muestra	Zea mays	Transitorios	Total
FA17	10	1	11

Tabla 9. Taxones identificados mediante granos de almidón en el sitio J9-2.

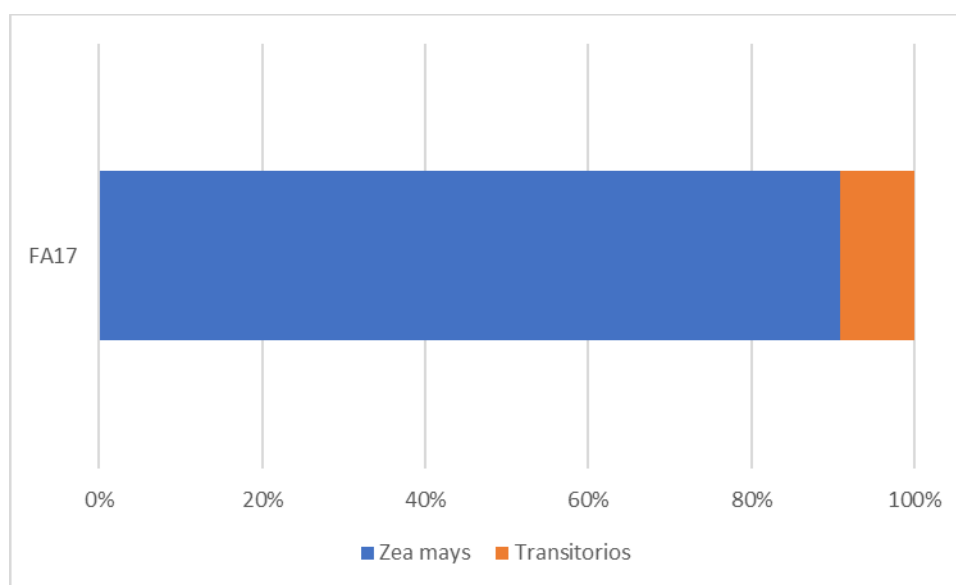


Figura 78. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante almidones en las muestras del sitio J9-2.

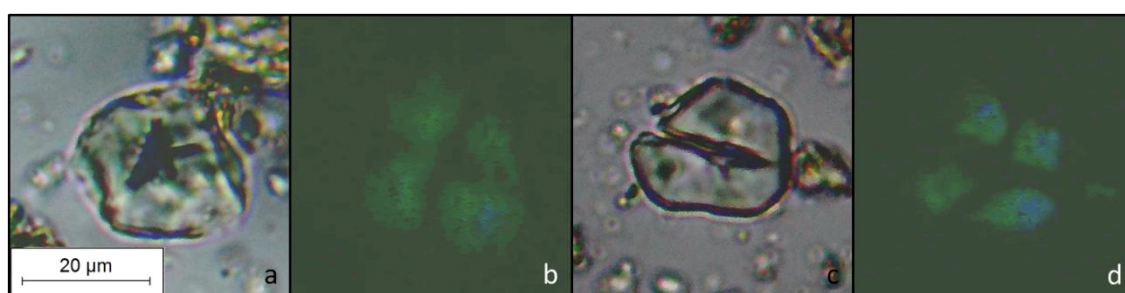


Figura 79. Granos identificados como Zea mays, recuperados en la muestra FA17. Escala 20µ.

Otros microrrestos

En este sitio el único microrresto de otro tipo recuperado fue un concentricyste.

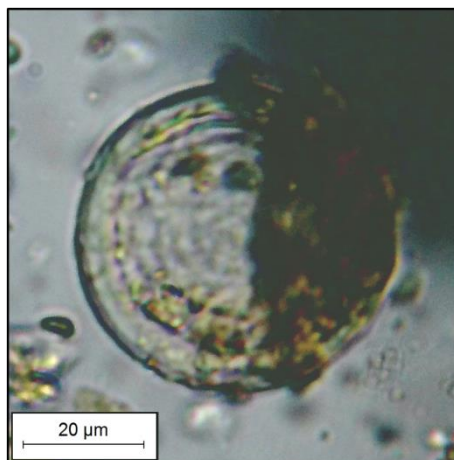


Figura 80, Concentricystes recuperada en la muestra FA17. Escala 20μ.

Sitio K10-1

Fitolitos

En las muestras pertenecientes a este sitio se recuperaron en total 49 fitolitos distribuidos de la siguiente manera:

Muestra	Arecaceae	Zingiberales			Cucurbitaceae	Asteraceae	Arbóreo general	Loranthaceae	Rubiaceae	No diagnósticos y no identificados	Total
		Marantaceae	Cannaceae	Calathea ssp.							
FA18		1				1				2	4
FA20			1			1				17	19
FA21	1	3		1	1					6	12
FA22		1	1	1			1			5	11
FA23			2					1	1		3

Tabla 10. Taxones identificados mediante fitolitos en el sitio K10-1.

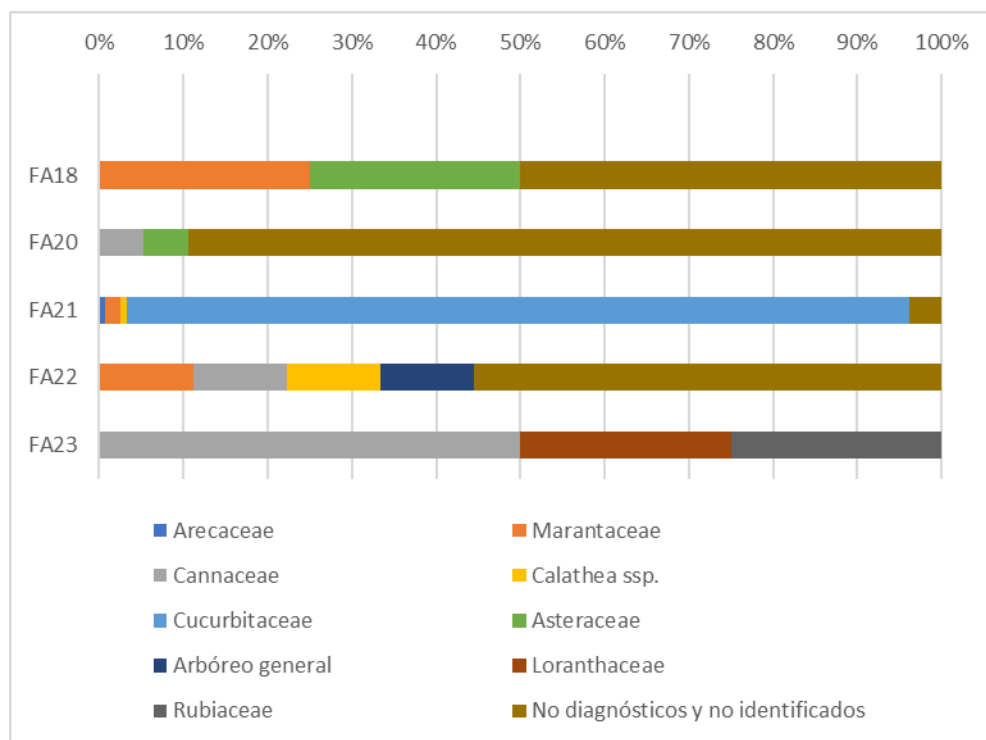


Figura 81. Distribución de los taxones identificados mediante fitolitos en el sitio K10-1.

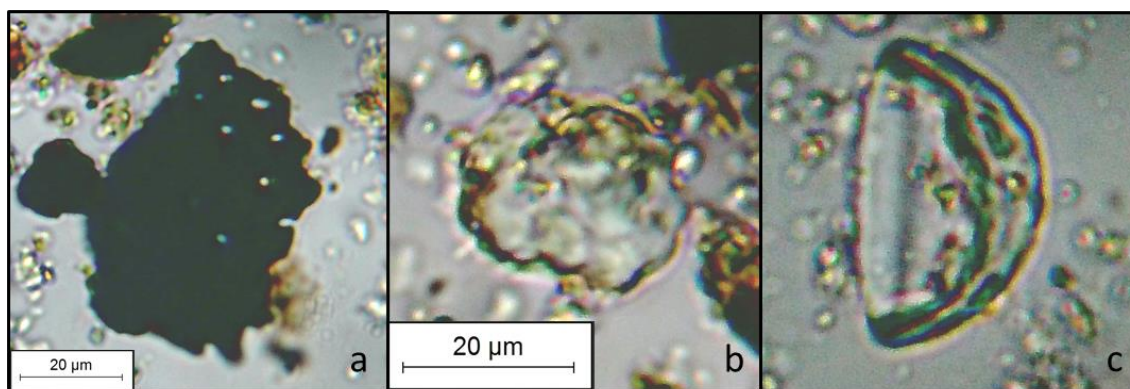


Figura 82. Fitólitos recuperados en la muestra FA18: a. Asteraceae, b. Marantaceae, c. Semiesférico. Escala 20µ.

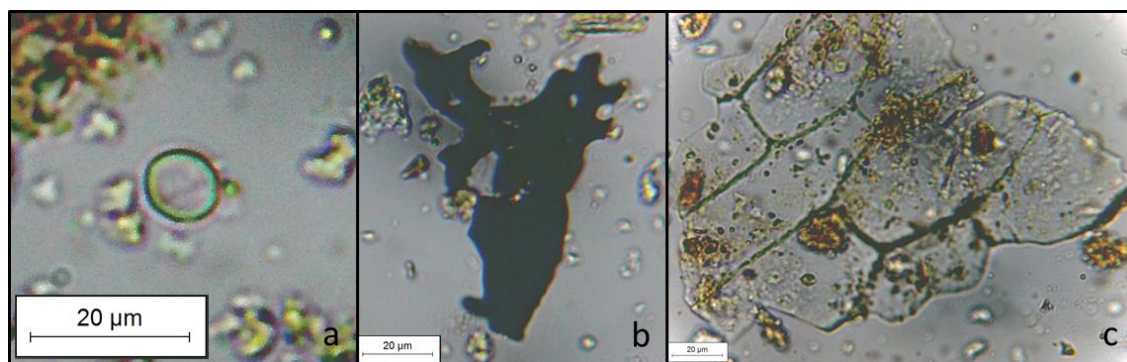


Figura 83. Fitólitos recuperados en la muestra FA20: a. Cannaceae, b. Asteraceae, c. Tejido indeterminado. Escala 20µ.

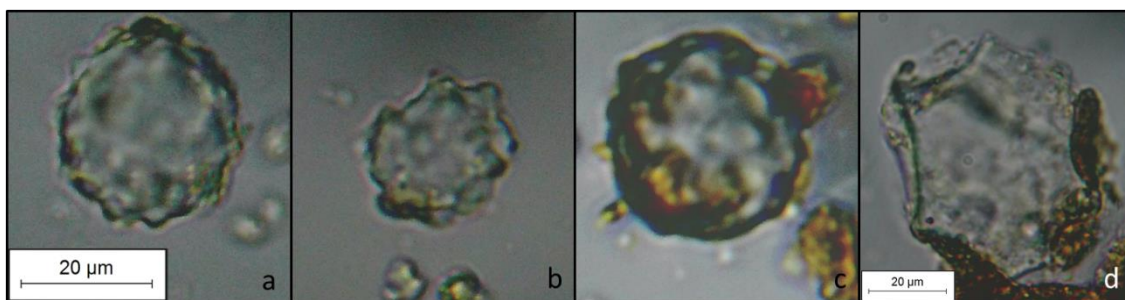


Figura 84. Fitolitos recuperados en la muestra FA21: a. *Arecaceae*, b. *Calathea* ssp. c. *Marantaceae*, d. *Cucurbitaceae*. Escala 20µ.

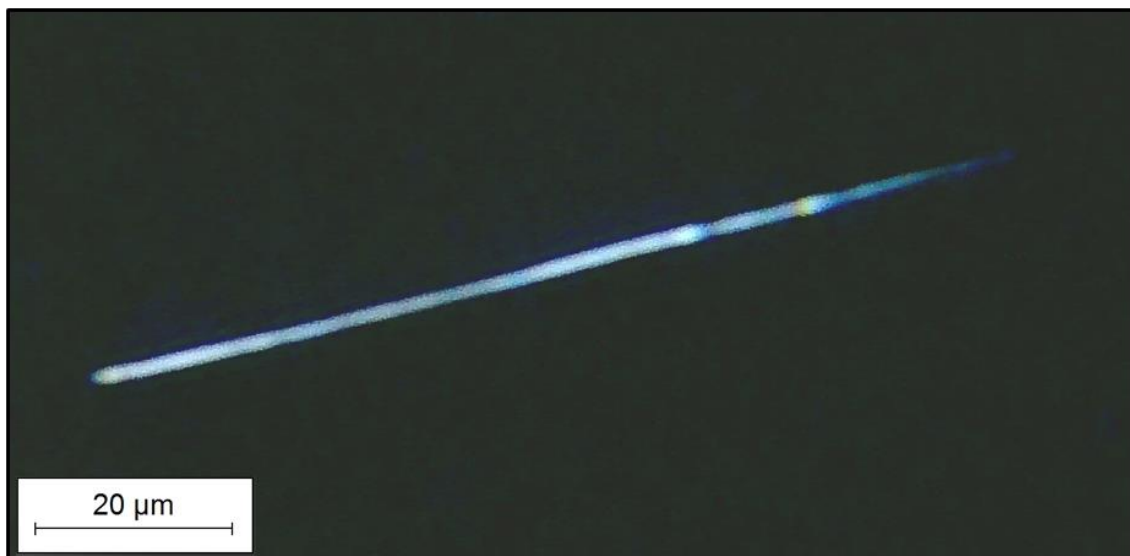


Figura 85. Rafidio recuperado en la muestra FA21. Escala 20µ.

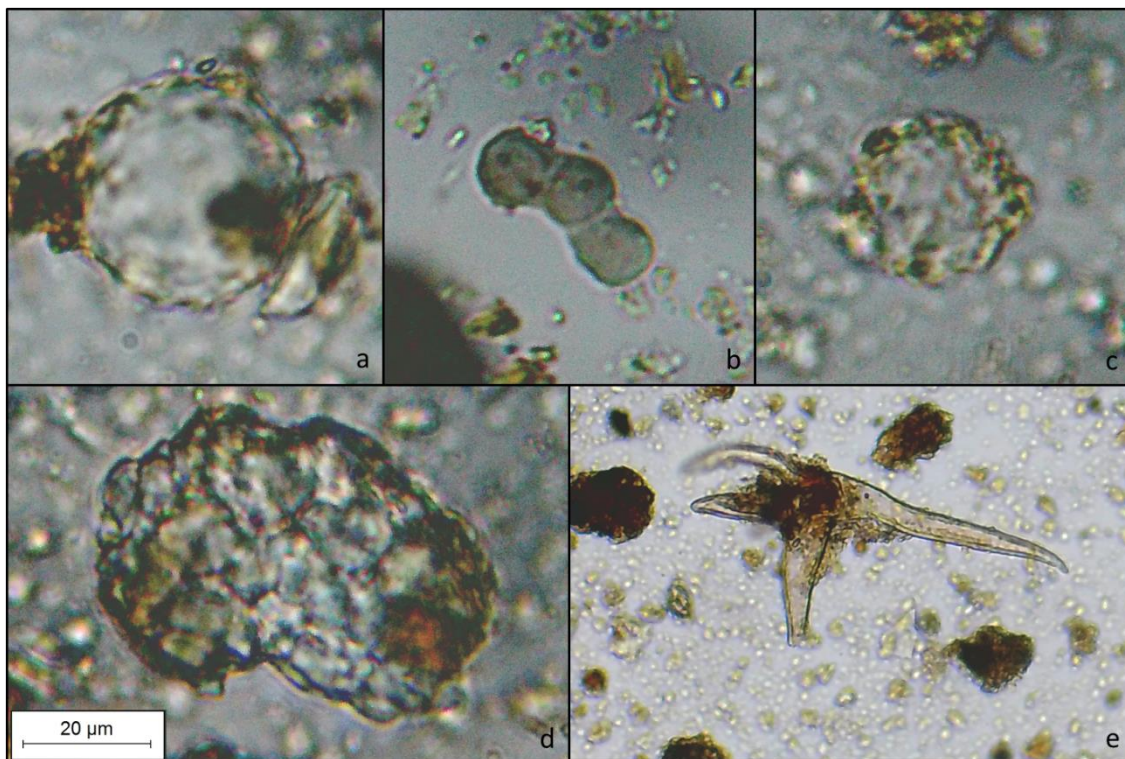


Figura 86. Taxones identificados en la muestra FA22: a. *Marantaceae*, b. *Cannaceae*, c. *Calathea* ssp., d. *Loranthaceae*, e. *Rubiaceae*. Escala 20.

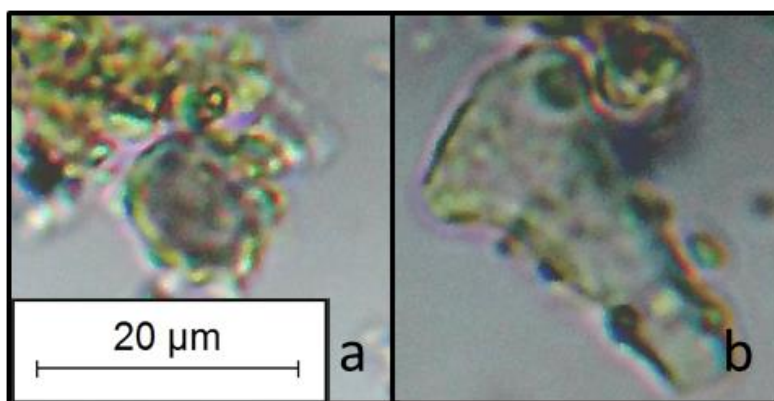


Figura 87. Taxones identificados en la muestra FA23: a. *Cannaceae*, b. arboreo general. escala 20µ.

Granos de almidón

En las muestras del sitio K10-1 fueron recuperados en total xx granos de almidón, que se distribuyen en los siguientes taxones:

Muestra	Zea Mays	Cucurbitaceae	Maranta ssp.	Solanum ssp.	Dioscorea ssp.	Capsicum ssp.	Transitorios	Calathea ssp.	Fabaceae	No identificado	Total
FA18	4	1	1				2			4	12
FA20	3		1	1			1			3	9
FA21	3				1		4			4	12
FA22	15		2		1		2			2	22
FA23	2					2		1	1	1	7

Figura 88. Taxones identificados mediante granos de almidón en el sitio K10-1.

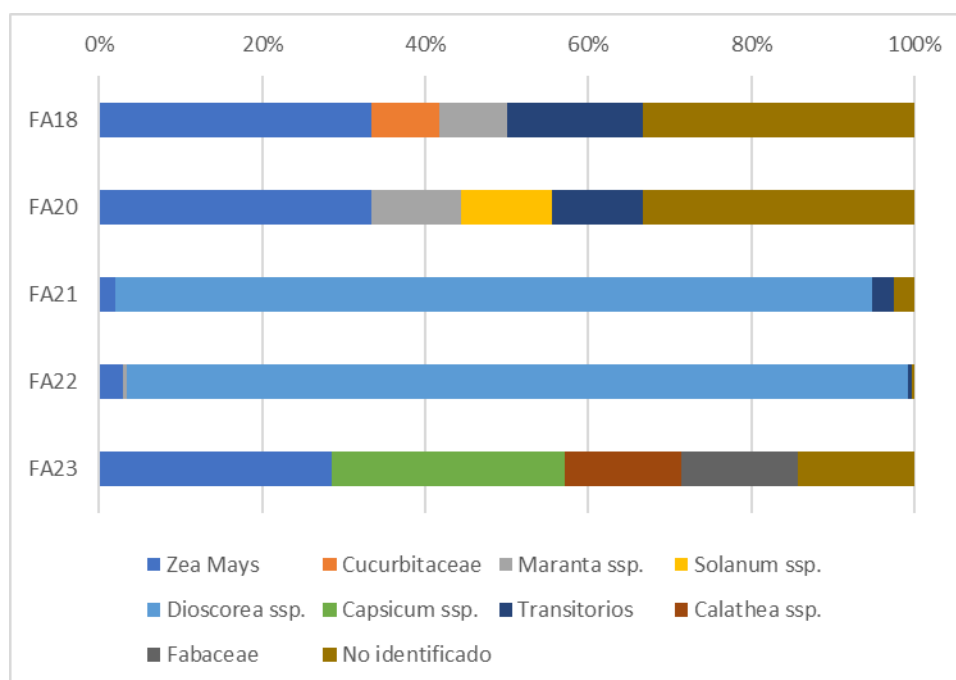


Figura 89. Distribución de los diferentes taxones identificados mediante almidones en las muestras del sitio K10-1.

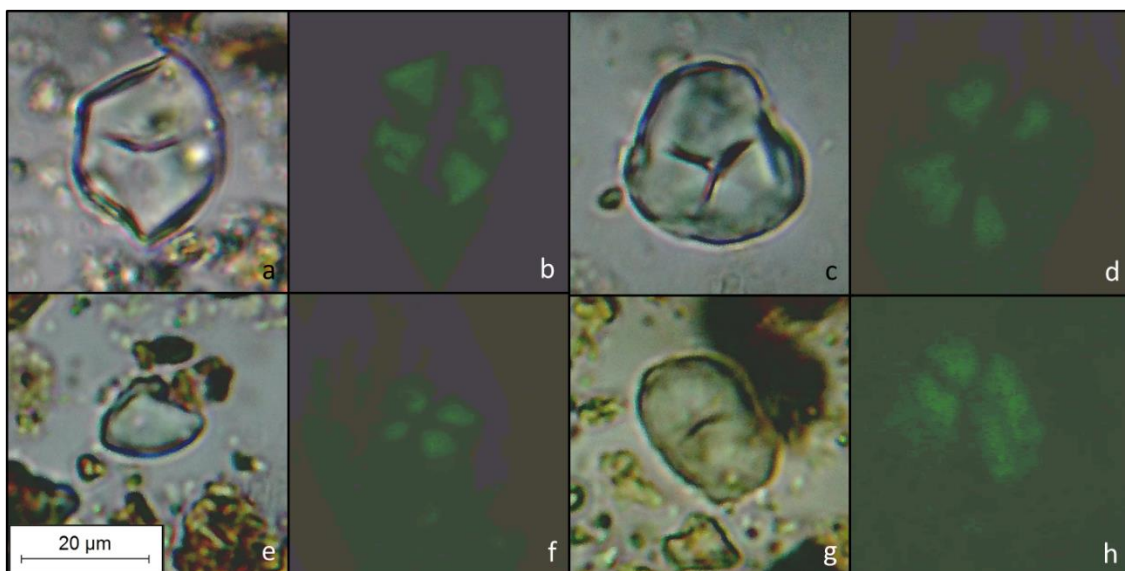


Figura 90. Taxones identificados en la muestra FA18: a-d. *Zea mays*, e-f. *Cucurbitaceae*, g-h. *Maranta ssp.* Escala 20µ.

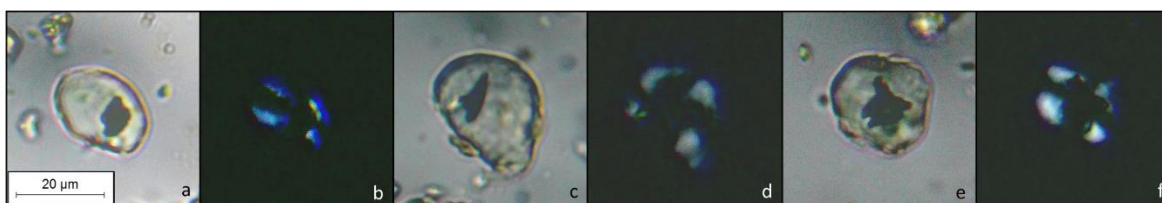


Figura 91. Taxones identificados en la muestra FA20: a-b. *Maranta ssp.*, c-d. *Solanum ssp.*, e-f. *Zea mays*. Escala 20µ.

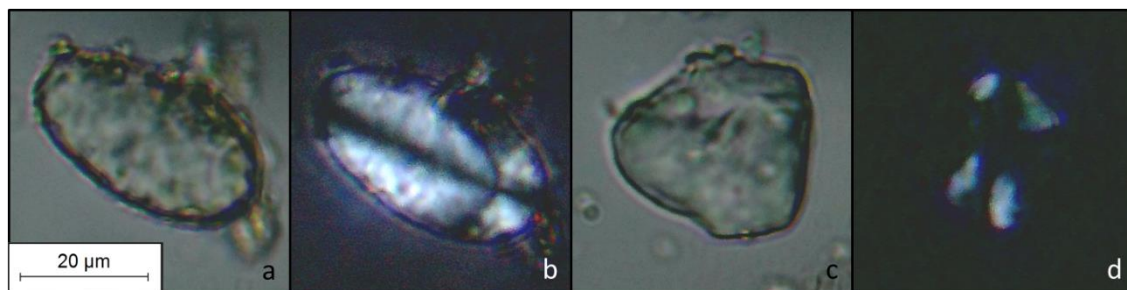


Figura 92. Taxones identificados en la muestra FA21: a-b. *Dioscorea ssp.*, c-d. *Zea mays*. Escala 20µ.

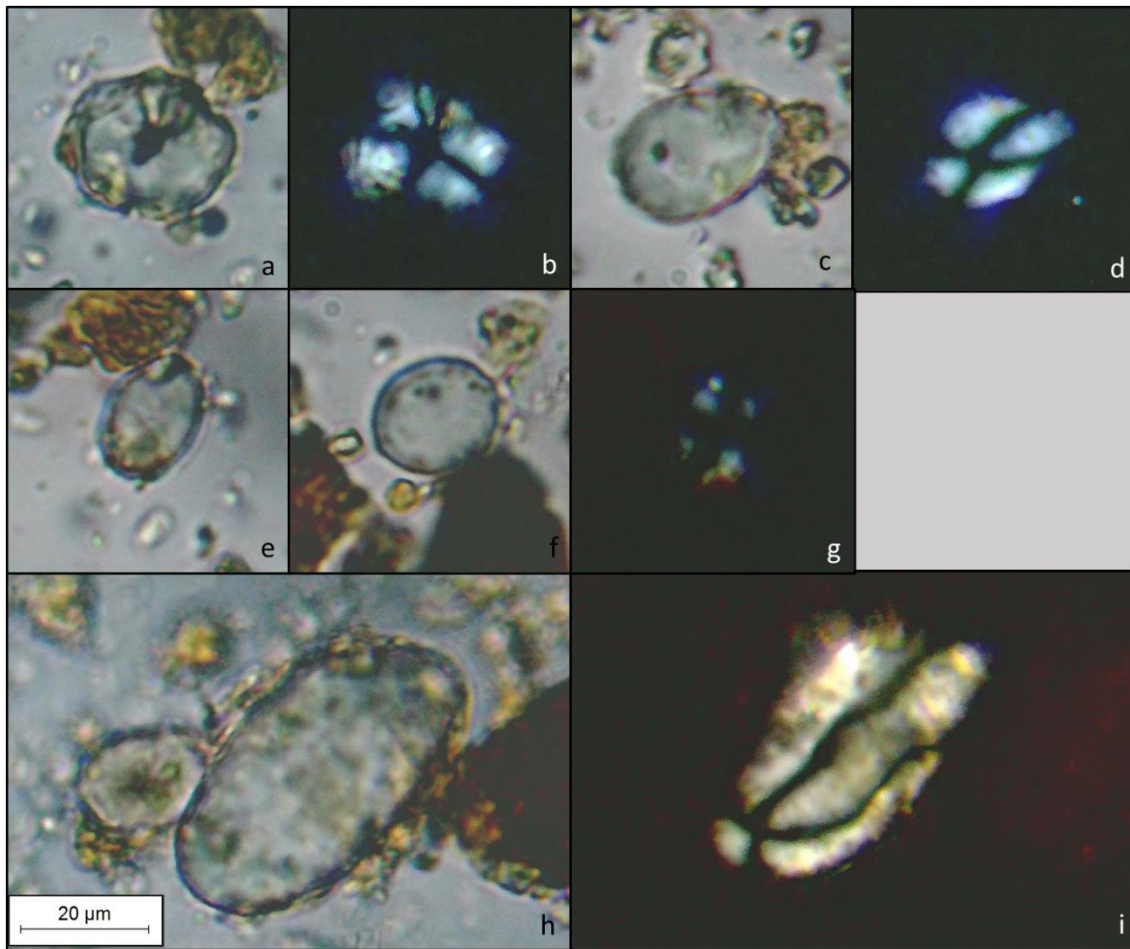


Figura 93. Taxones identificados en la muestra FA22: a-b. *Zea mays*, c-d. *Maranta ssp.*, e-g. *Capsicum ssp. rotado*, h-i. *Dioscorea ssp.* Escala 20µ.

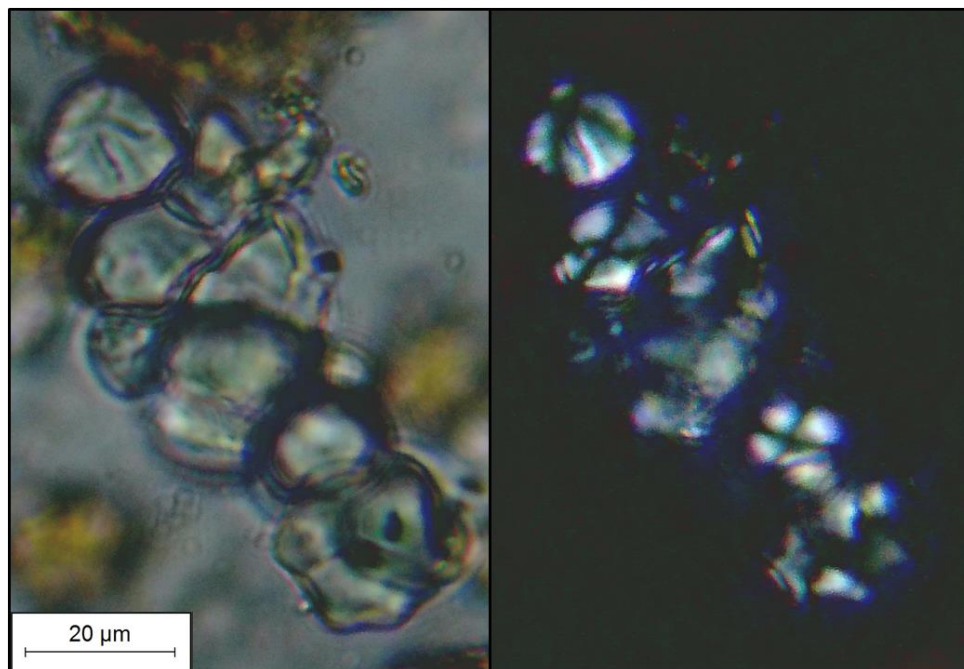


Figura 94. Clúster de granos identificados como *Zea mays*, recuperados en la muestra FA22.

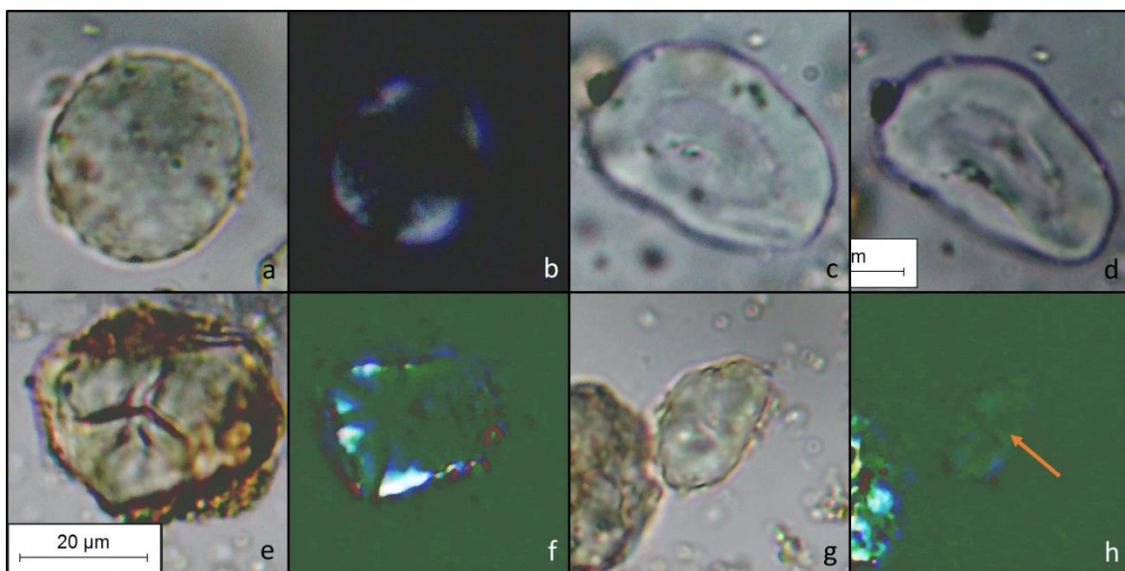


Figura 95. Taxones identificados en la muestra FA23: a-b. *Capsicum ssp.*, c-f. *Fabaceae*, e.f. *Zea mays*, g-h. *Calathea ssp.* Escala 20μ.

Otros microrrestos

Los microrrestos diferentes a fitolitos y granos de almidón recuperados en este sitio fueron:

Muestra	Polen	Esporas	Zooclastos	Concentricystes	Quistes de crisófitos
FA18	1				6
FA20	1			1	1
FA21				1	
FA22	7	1	1	2	
FA23	4			1	

Tabla 11. Otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio K10-1.

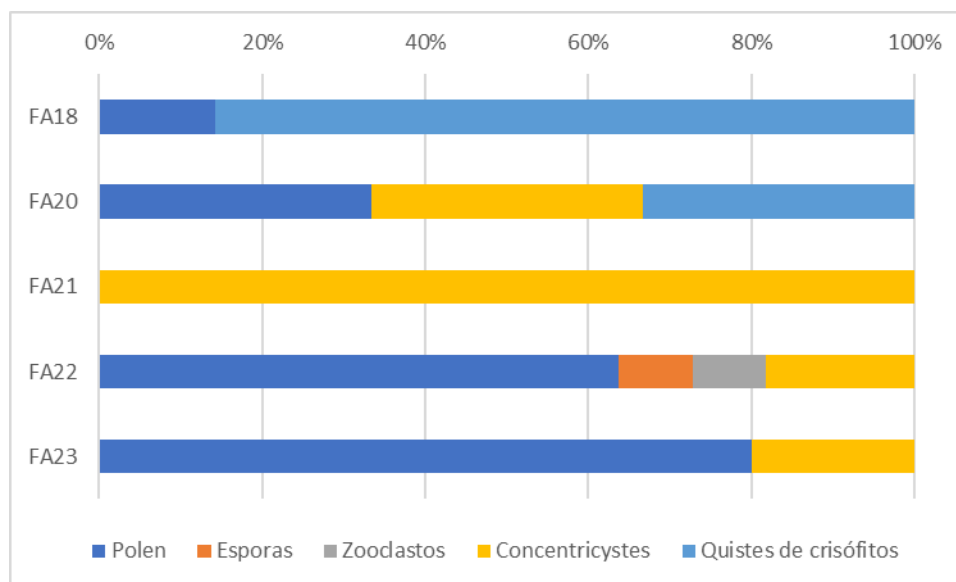


Figura 96. Otros microrrestos recuperados en las muestras del sitio K10-1.

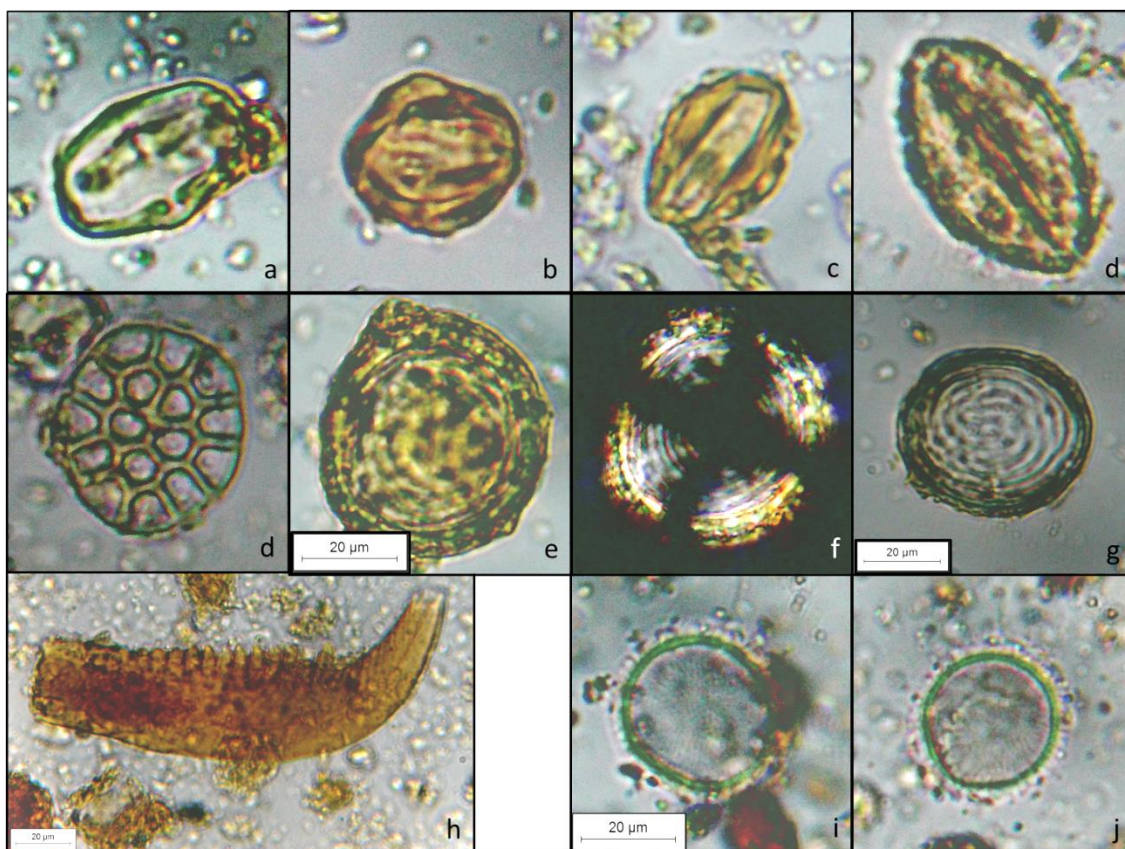


Figura 97. Otros microrrestos recuperados en el sitio K10-1: a-d. Polen muestras FA18, FA20, FA22, FA 23; e. Espora muestra FA22; e-g. concentricystes muestras FA20 y FA22, h. Zooclasto, muestra FA22; i-j: quistes de crisófitos, Muestra FA23. Escala 20μ.

Interpretación

Un total de 24 taxones fueron identificados, 10 de ellos mediante fitolitos, 9 mediante granos de almidón y 5 por la presencia de ambos tipos de microrrestos. A nivel de familia se identificaron Poaceas indiferenciadas, Arecaceae, Cyperaceae, Canaceae, Cucurbitaceae, Asteraceae, Loranthaceae, Rubiaceae Chenopiaceae y Fabaceae; a nivel de tribu o subfamilia fueron identificadas Triticaeae, Bambusoideae, Panicoideae, Chloridoideae. Además, se identificaron los géneros *Maranta*, *Heliconia*, *Bromus*, *Calathea*, *Capsicum*, *Dioscorea* *Solanum* y *Phaseolus*, que aparecen en los resultados seguidos de la sigla ssp., como indicador de especie desconocida. Finalmente, a nivel de especie fue identificado el maíz (*Zea mays*). En el caso de *Solanum* ssp., los granos recuperados presentan características diagnosticas de *Solanum tuberosum*, pero como no se cuenta con registros etnohistóricos de la misma y en la zona se encuentran varias especies del mismo género, se considera prudente mantener la identificación a nivel de género hasta contar con material de referencia de las especies locales que permita establecer si los granos pueden pertenecer a los tubérculos de una de estas.

Se observan diferencias en el número de taxones recuperados en cada sitio, siendo el Sitio I6-4 el que presenta una mayor variabilidad, con 23 taxones identificados, de los cuales 17 tienen usos alimenticios o medicinales. El sitio con menor diversidad de recursos identificados es J9-2, con solo 3 taxones identificados, todos ellos recursos de valor alimenticio. Los dos sitios restantes cuentan con 15 taxones identificados. Además, se observa una mayor diversidad de recursos en las muestras provenientes de fragmentos cerámicos (ver Tabla 12 y Tabla 13. Taxones presentes en cada muestra, los recuadros coloreados indican presencia del taxon.) en comparación con aquella provenientes de artefactos líticos y la muestra de suelo analizada, esto puede reflejar un uso especializado o restringido de los artefactos líticos, mientras las vasijas cerámicas eran utilizadas en una variedad de preparaciones , así como para el almacenamiento de alimentos, otra posible explicación para esta diferencia es que no todos los recursos utilizados requerían el uso de artefactos líticos para su preparación, por ejemplo *Capsicum* ssp. Aparece solo en fragmentos cerámicos.

		Promedio de taxones
Sitio I6-4	Cerámica	7
	Lítico	4.3
	Suelo	4
Sitio J9-1	Cerámica	8
Sitio J9-2	Lítico	4
Sitio K10-1	Cerámica	6
	Lítico	6

Tabla 12. Promedio de recursos identificados por tipo de muestra.

			Bamusoideae	Panicoideae	Chloridoideae	Poaceae	Arecaceae	Cyperaceae	Marantaceae	Canna cf. indica	Cannaceae	Heliconia ssp.	Calathea ssp.	Cucurbitaceae	Asteraceae	Arbóreo general	Loranthaceae	Zea mays	Bromus	Maranta ssp.	Capsicum ssp.	Dioscorea ssp.	Phaseolus ssp.	Chenopodiaceae	Triticeae	Solanum ssp.	Fabaceae	Rubiaceae
Sitio I6-4	Cerámica	FA1																										
		FA2																										
		FA3																										
		FA4																										
		FA5																										
		FA6																										
		FA8																										
	Lítico	FA9																										
		FA10																										
		FA11																										
		FA12																										
	Suelo	FA7																										
Sitio J9-1	Cerámica	FA14																										
		FA15																										
		FA16																										
Sitio J9-2	Cerámica																											
Sitio K10-1	Cerámica	FA18																										
	Lítico	FA20																										
		FA21																										
		FA22																										
		FA23																										

Tabla 13. Taxones presentes en cada muestra, los recuadros coloreados indican presencia del taxon.

La muestra FA7 se diferencia de las demás ya que al ser una muestra de suelo no refleja los recursos aprovechados utilizando un artefacto determinado, sino que refleja las condiciones de la vegetación durante el periodo en el sitio I6-4 (~420-718 - cal AD). Como se mencionó en los resultados esta indica la presencia de un ambiente predominantemente boscoso, con abundantes palmas y algunos

indicadores de ambientes alterados (*Marantaceae* y *Heliconia* ssp.) lo que podría indicar preparación del terreno para el aprovechamiento de las palmeras, que según las fuentes históricas eran un recurso importante que se utilizaba no solo en la alimentación, sino también para la elaboración de bebidas, cestos y artefactos de pesca, entre otros (Helms 1979, Colón 1982). A pesar de que los fitolitos recuperados en artefactos no son indicadores directos del ambiente, para periodos más tempranos (sitio J9-2 y K10-1, es decir 1530 - 1232 cal BP, 534 - 898 cal BP y 690 - 554 cal BP respectivamente), se puede inferir que dada la completa ausencia de gramíneas diferentes al maíz, el ambiente era predominantemente boscoso.

Entre las diferencias en el registro de los sitios resalta la presencia de varios taxones solo en el sitio I6-4, entre ellos *Chloridoideae*, una subfamilia de las poaceas característica de ambientes áridos o secos de tierras bajas (Giraldo-Cañas 2013, 35-61), marcando un cambio ambiental para este momento. Así mismo se registran *Triticeae*, tribu que incluye el trigo y el centeno, por lo tanto, indicador de contacto con los españoles y *Chenopodiaceae*, una familia una familia con una marcada importancia económica en las regiones andinas.

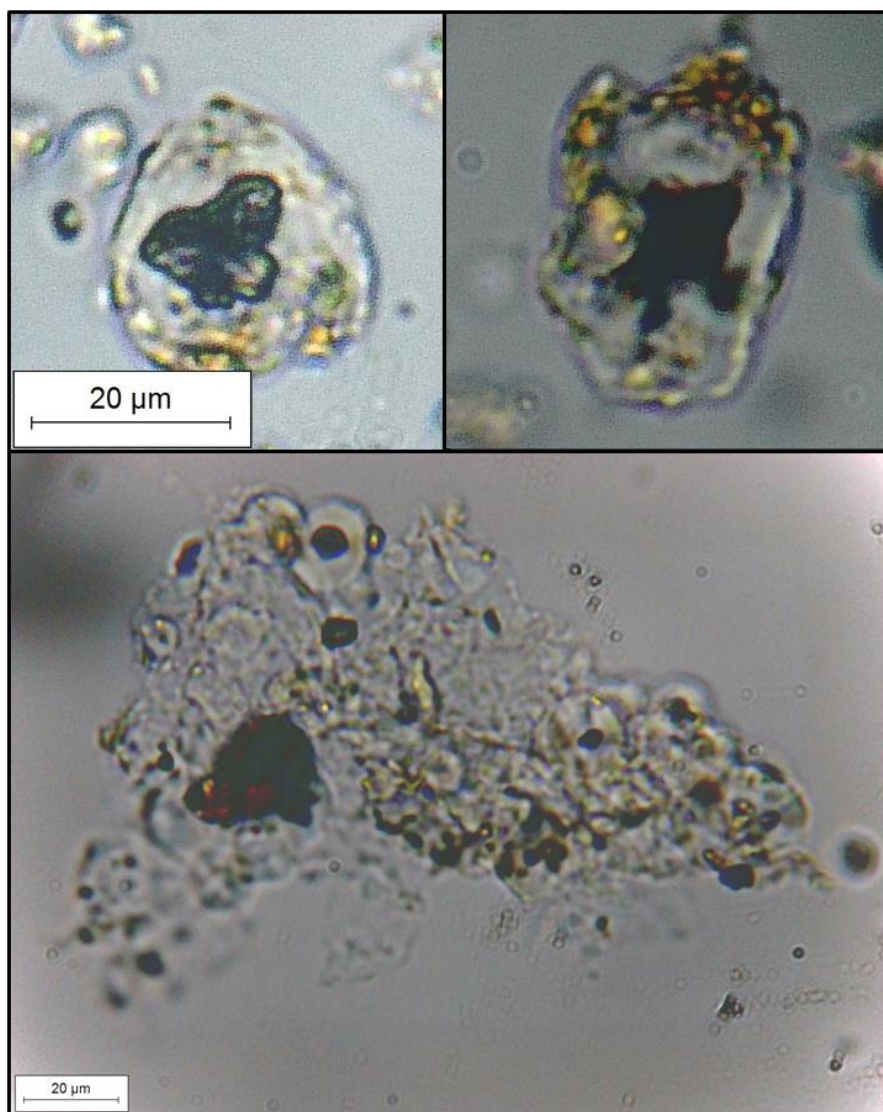


Figura 98. Granos con alteraciones por cocción en seco, FA1, FA7 y FA3 respectivamente.

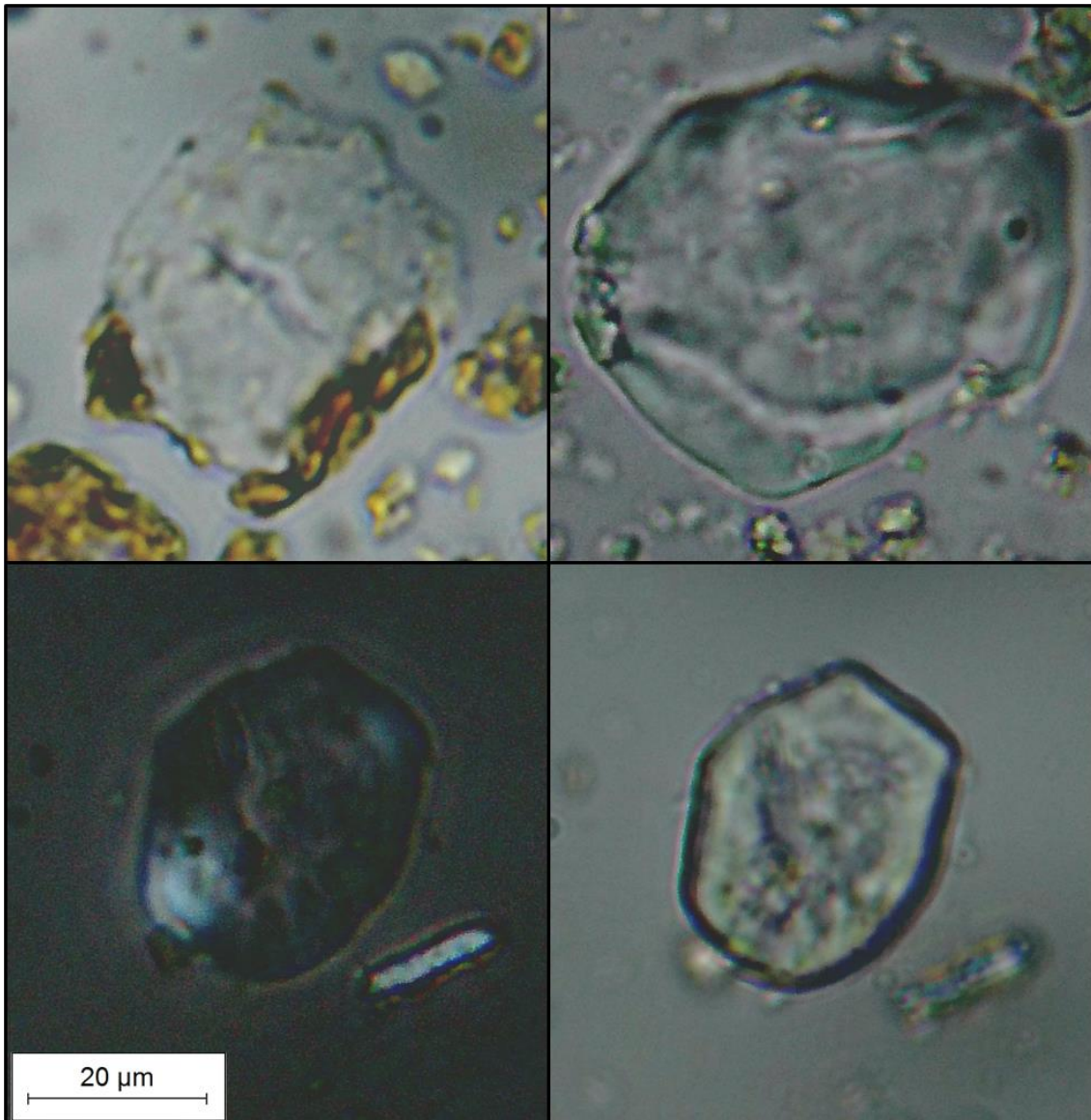


Figura 99. Granos con alteraciones por cocción en húmedo, muestras FA10, FA15 y FA21 respectivamente.

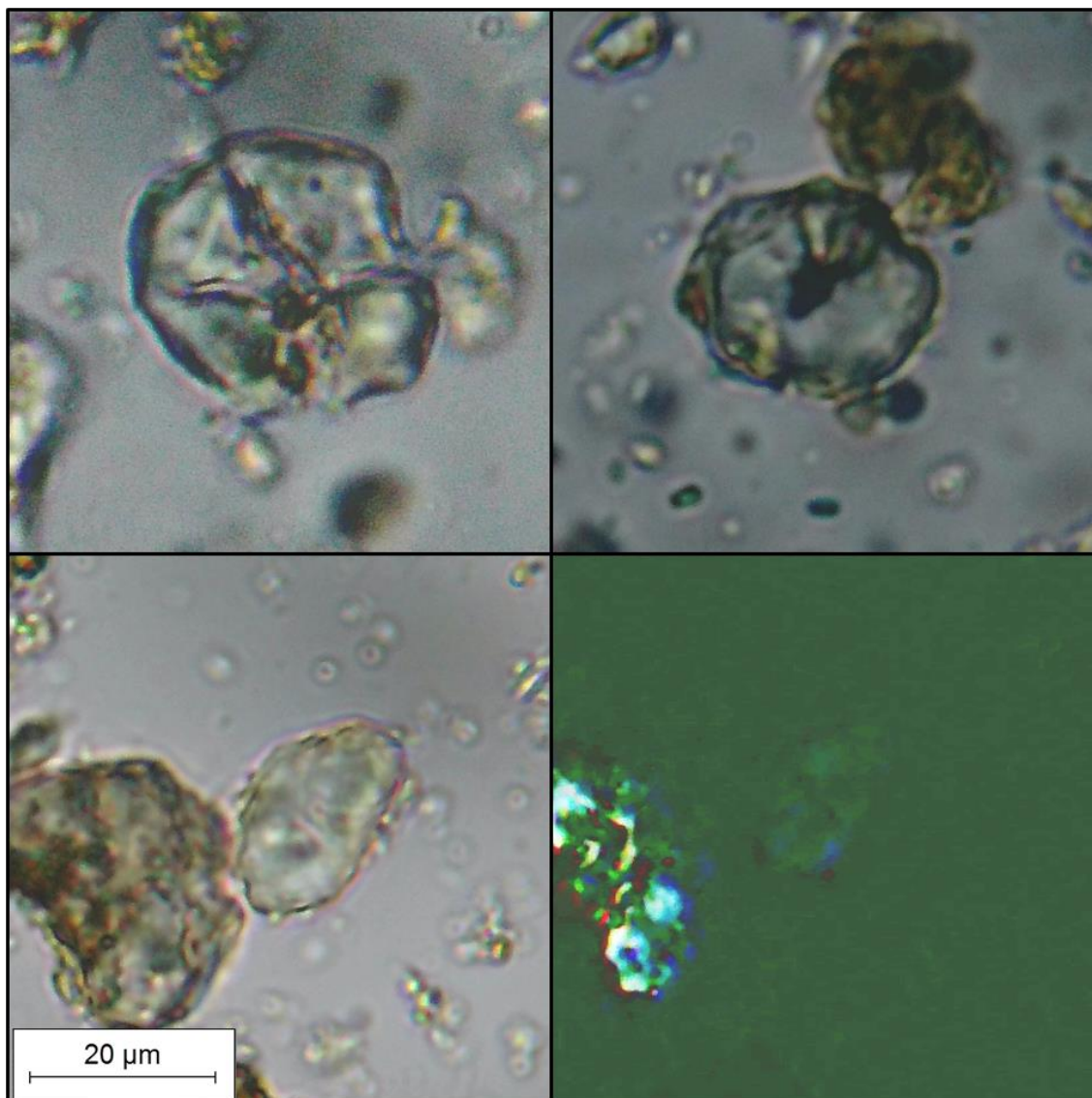


Figura 100. Granos con alteraciones tafonómicas por molienda, -Muestras FA21, FA22 y FA23 respectivamente.

Los taxones que aparecen solo en los sitios con dataciones previas ((J9-1, J9-2 y K10-1) son *Solanum* ssp. y *Rubiaceae*. Durante toda la secuencia se observan los efectos tafonómicos de diferentes procesos de preparación, como son la molienda, la cocción en seco o tostado y la cocción en húmedo. La molienda genera en los granos alteraciones como abolladuras o daños en las superficies, grietas o fisuras, localizadas principalmente en los bordes de las partículas, desagregación de granos múltiples, fractura de granos simples y múltiples, daños en la forma de la cruz de extinción e intensidad de la birrefringencia, sectores oscurecidos y no visibles con luz polarizada, pérdida parcial del contenido de los granos y no visibilidad de los anillos la lamela (Babot 2009). La cocción sin presencia de agua por otro lado se evidencia por la formación de cavidades oscuras en el centro del grano y adhesiones e irregularidades en la superficie (Tavarone 2019), aunque también puede

generar la formación de emplastos o clústeres de granos semigelatinizados (Babot 2009). Finalmente, la cocción en húmedo se caracteriza por la presencia de diatomeas o espículas de espongiarios, muchas veces fragmentados por efecto de la molienda, y alteraciones en los granos de almidón como la “hinchazón”, pérdida de la cruz de malta y alteraciones en la forma (Nowotna *et al.* 2000). Las alteraciones por tostado se observan en todas las muestras, excepto FA7, asociadas mayormente a gránulos identificados como *Zea mays* y en algunas ocasiones presentes en los mismos granos que las alteraciones por molienda. Los granos con evidencias de cocción en húmedo se recuperaron en las muestras FA10, FA15, FA21 y FA23. Finalmente, las evidencias de molienda se observan en granos recuperados en las muestras FA1, FA5, FA6, FA11, FA14, FA17, FA21, FA22, FA23.

Los otros tipos de microrrestos presentes están asociados mayormente a las condiciones ambientales, como es el caso del polen, esporas, las diatomeas, espículas de espongiarios, concentricystes (LingYu *et al.* 2013) y quistes de crisófitos. En general indican condiciones de húmedas tropicales, sin embargo, se sugiere llevar a cabo análisis especializados en este tipo de restos para comprobar dicha hipótesis. El último tipo de microrresto presente en las muestras son los zooclastos, consistentes en fragmentos de insectos de diferentes tipos, comúnmente asociados al almacenamiento de alimentos.

Recomendaciones finales

- Para una mejor comprensión de las condiciones ambientales y los recursos disponibles durante los periodos de ocupación de los sitios se recomienda realizar análisis palinológicos (para una escala regional) o de fitolitos en muestras de suelo (para escala intrasitio).
- En el mismo sentido, la aparición de otros microfósiles como diatomeas, zooclastos, polen y concentricystes sugiere que estos pueden utilizarse como herramienta para el estudio de la formación de los sitios, para lo que será necesaria la realización de análisis dirigidos a la recuperación de estos.
- De ser posible se recomienda recolectar material para la elaboración de una posible colección de referencia local, que permita identificaciones mas acotadas.

Bibliografía

- Aceituno, F., & Lalinde, V. (2011). Residuos de almidones y el uso de plantas durante el Holoceno Medio en el Cauca Medio (Colombia). *Caldasia*, 33(1).
- Albert, R. M., Strömberg, C. A. E, Ball, T, Cummings Scott, L. (2021). INTERNATIONAL COMMITTEE FOR PHYTOLITH TAXONOMY, Image database. Consultado el 20 mayo, 2021.
<https://www.phytcore.org/phytolith/index.php?rdm=af38esDvquyaction=searchphyt>
- Andreoni, D.F.; Spano, R.C. y V.S. Lema (2012) Nota sobre evidencias de uso de plantas en el sitio Soria 2 a partir del análisis microscópico del contenido de pipas. *Arqueología* 18: 235-243.
- Babot, M. D. P. (2009). La cocina, el taller y el ritual: explorando las trayectorias del procesamiento vegetal en el noroeste argentino. *Darwiniana*, 7-30.
- Barker, N. P., Linder, H. P., & Harley, E. H. (1995). Polyphyly of Arundinoideae (Poaceae): evidence from rbcl sequence data. *Systematic Botany*, 423-435.
- Benvenuto, M. L., Honaine, M. F., Osterrieth, M. L., & Morel, E. (2015). Differentiation of globular phytoliths in Arecaceae and other monocotyledons: morphological description for paleobotanical application. *Turkish Journal of Botany*, 39(2), 341-353.
- Borrelli, N., Honaine, M. F., Altamirano, S. M., & Osterrieth, M. (2011). Calcium and silica biomineralizations in leaves of eleven aquatic species of the Pampean Plain, Argentina. *Aquatic botany*, 94(1), 29-36.
- Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V., & Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International journal of biological macromolecules*, 23(2), 85-112.
- Cagnato, C. Starch grain database. <http://clarissacagnato.weebly.com/starch-grain-database.html>. Consultado el 15 de junio de 2021.
- Coil, J.; Korstanje, M.A.; Archer, S. y C.A. Hastorf (2003): Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 30:991-1008.
- Colón, F. (1892). Historia del almirante Cristóbal Colón, en la cual se da particular y verdadera relación de su vida, de sus hechos y del descubrimiento de las indias occidentales llamadas Nuevo-Mundo (segundo volumen). Madrid.
- Cooke, R. G., & Sánchez Herrera, L. A. (2004). Capítulo II: Panamá Indígena 1501-1550. *Historia General De Panamá volumen 1, t. 1: Las sociedades originarias y el orden colonial*.
- Dabney, C., Ostergaard, J., Watkins, E., & Chen, C. (2016). A novel method to characterize silica bodies in grasses. *Plant Methods*, 12(1), 1-10.
- Denham, T., Atchison, J., Austin, J., Bestel, S., Bowdery, D., Crowther, A., ... & Matthews, P. (2009). Archaeobotany in Australia and New Guinea: Practice, potential and prospects. *Australian Archaeology*, 68(1), 1-10.

Dickau, R. (2005). Resource use, crop dispersals, and the transition to agriculture in prehistoric Panama: evidence from starch grains and macroremains. Tesis doctoral. Temple University.

Dransfield, J., N. Uhl., C. Asmussen., W. Baker., M. Harley & C. Lewis. 2008. *Genera Palmarum*. The evolution and classification of palm. Royal Botanic Gardens, Kew.

Dueñas-Gómez, H., & Franco-Roselli, P. (2001). Sinopsis de las Loranthaceae de Colombia. *Caldasia*, 81-99.

Duque, M., Gómez, C. M., Cabrera, J. A., & Guzmán, J. D. (2018). Plantas medicinales importantes desde el conocimiento ecológico local: el caso Comunidad La Rosita de Puerto Colombia (Atlántico, Colombia). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(4), 324-341.

Giraldo-Cañas, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.

Hardy, K., Blakeney, T., Copeland, L., Kirkham, J., Wrangham, R., & Collins, M. (2009). Starch granules, dental calculus and new perspectives on ancient diet. *Journal of Archaeological Science*, 36(2), 248-255.

Hart, T. C. (2014). Analysis of starch grains produced in select taxa encountered in Southwest Asia. *Ethnobiology Letters*, 5, 135-145.

Harris, D. R. (2007). Agriculture, cultivation and domestication: exploring the conceptual framework of early food production. *Rethinking agriculture: archaeological and ethnoarchaeological perspectives*, 16, 35.

Helms, M.W. (1979). Ancient Panama. Chiefs in Search of Power.

<http://legacy.tropicos.org/Name/42000357?projectid=46&langid=66>

Lalinde, V. 2009. Colección de referencia para la identificación de almidones arqueobotánicos (Monografía de grado). Departamento de antropología, Universidad de Antioquia, Medellín.

Lema, V. S. Andreoni, D. Capparelli, A. Ortiz, G. Spano, R. Quesada, M. y Zorzi, F. (2015). Protocolos y avances en el estudio de residuos de pipas arqueológicas de Argentina: Aportes para el entendimiento de metodologías actuales y prácticas pasadas. *Estudios atacameños*, (51), 77-97.

Leonard, C., Vashro, L., O'Connell, J. F., & Henry, A. G. (2015). Plant microremains in dental calculus as a record of plant consumption: A test with Tve forager-horticulturalists. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2, 449-457.

Chen, W., Pan, Y., Yu, L., Yang, J., & Zhang, W. (2017). Patterns and processes in marine microeukaryotic community biogeography from Xiamen coastal waters and intertidal sediments, southeast China. *Frontiers in microbiology*, 8, 1912.

Lira, R., Rodriguez-Jimenez, C., Alvarado, J. L., Rodriguez, I., Castrejon, J., & Dominguez-Marian, A. (1998). Diversidad e importancia de la familia Cucurbitaceae en México. *Acta Botánica Mexicana*, (42), 43-77.

Loy, Thomas. 1994. Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools. En: Tropical archaeobotany: applications and new developments. Jon G. Hather, ed. One world archaeology.

Madella, M., Alexandre, A., y Ball, T. (2005). International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of botany*, 96(2), 253-260.

Medina, J.A., Salas, J.C., 2008. Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de ingeniería* 27, 56–62.

Messner, T., & Dickau, R. (2005). New directions, new interpretations: Paleoethnobotany in the upper Delaware valley and the utility of starch grain research in the Middle Atlantic. *Journal of Middle Atlantic Archaeology*, 21, 71.

Messner, T.C, y B. Schindler. 2010. Plant processing strategies and their affect upon starch grain survival when rendering *Peltandra virginica* (L.) Kunth, Araceae edible. *Journal of Archaeological Science* 37: 328-336.

Moraes, M., Paniagua-Zambrana, N., Cámara-Leret, R., Balslev, H., & Macia, M. (2015). Palmas útiles de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Cosecha Palmas en el Noroeste Suramérica Bases Científicas Para Su Manejo Conserv; Balslev, H., Macia, M., Navarrete, H., Eds, 87-102.

Nowotna, A., Gambuś, H., Praznik, W., Puzia, R., & Ziobro, R. (2000). Characteristics of soluble and insoluble fractions of gels prepared from starches of various botanical origin segregated according to granule size. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Food Science and Technology*, 3(1).

Pearsall, D. M., Biddle, A., Chandler-Ezell, K., Collins, S., Duncan, N., & Grimm, B. (2021). Phytoliths in the flora of Ecuador: The University of Missouri online phytolith database. With contributions by A. Biddle, Dr. K. Chandler-Ezell, S. Collins, N. Duncan, S. Stewart, C. Vientimilla, Dr. Zhijun Zhao, and B. Grimm, page designer and editor. <https://phytolith.missouri.edu/>. Consultado el 20 de mayo de 2021

Pearsall, D. M., Ezell, K. C., & Herrera, L. (2017). Informe del análisis de muestras de fitolitos del Valle del Cauca. *Boletín de Arqueología de la Fian*, 26(1), 68-88.

Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., ... & Zeidler, J. A. (2007). Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *science*, 315(5814), 986-988.

Piperno, D. R. (2006). *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. Rowman Altamira.

Piperno, D. R., Bush, M. B., & Colinvaux, P. A. (1991). Paleoecological perspectives on human adaptation in Central Panama. II The Holocene. *Geoarchaeology*, 6(3), 227-250.

Piperno, D. y Holst, I. 1998. The presence of starch grains on prehistoric stone tools from de humid Neotropics: indications of early tuber use and agriculture en Panamá. *Journal of Archaeological Science* 25: 765-776.

Piperno, D. R., & Stothert, K. E. (2003). Phytolith evidence for early Holocene Cucurbita domestication in southwest Ecuador. *Science*, 299(5609), 1054-1057.

Santacruz, S., Andersson, R., & Åman, P. (2005). Characterisation of potato leaf starch with iodine-staining. *Carbohydrate polymers*, 59(3), 397-400.

Tavarone, A. (2019). *Estudios de dieta y manipulación de recursos vegetales en poblaciones del centro de Argentina (provincia de Córdoba) durante el Holoceno tardío. El registro de los microrrestos vegetales (silicofitolitos y almidones) contenidos en cálculos dentales*. Tesis doctoral. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba.

Yang, X., & Perry, L. (2013). Identification of ancient starch grains from the tribe Triticeae in the North China Plain. *Journal of Archaeological Science*, 40(8), 3170-3177.

Zeigler, R. (Ed.). (2019). *Sustaining Global Food Security: The Nexus of Science and Policy*. CSIRO PUBLISHING.

Zucol, A. F., & Osterrieth, M. (2002). Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitolitos. *Ameghiniana*, 39(3), 379-382.